СПРАВОЧНАЯ КНИГА ПО СВЕТОТЕХНИКЕ

ББК 31. 294
С 74
УДК 628.9(035)

Рецензенты: А. А. Волькенштейн, Л. Л. Дашкевич, Н. П. Дмитриевская, С. А. Клюев, Д. Н. Лазарев, С. Б. Лазаревич, А. В. Луизов, А. Б. Матвеев, В. П. Сасоров, Л. А. Циперман

Справочная книга по светотехнике/Под ред. С 74 Ю. Б. Айзенберга. — М.: Энергоатомиздат, 1983.— 472 с., ил.

В пер.: 4 р. 90 к.

Содержит справочные и нормативные материалы по источникам света и пускорегулирующим устройствам для них, электроустановочным изделиям, световым приборам, метрологии излучений, нормированию, расчету, проектированию и эксплуатации осветительных установок, освещению промышленных предприятий и др.

Для широкого круга специалистов—светотехников и электриков, занимающихся проектированием и эксплуатацией осветительных установок, разработкой и производством светотехнических изделий, а также для архитекторов, врачей-гигиенистов и работников охраны труда, связанных с применением естественного и искусственного освещения.

С $\frac{2302060000\text{-}097}{051(01)\text{-}83}$ 152-82

ББК 31.294
6П2.19

© Энергоатомиздат, 1983

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Справочная книга по светотехнике» предназначена для широкого круга специалистов—светотехников, электриков, архитекторов, врачей-гигиенистов, работников охраны труда, связанных с применением естественного и искусственного освещения, разработкой и производством светотехнических изделий, проектированием, монтажом и эксплуатацией светотехнических установок.

Книга дает достаточно полное представление о современном состоянии светотехнической науки и техники в СССР; излагает физические принципы работы светотехнических изделий; содержит сведения о нормировании, расчете, проектировании, измерениях и эксплуатации светотехнических установок; в ней приведены рекомендации по освещению промышленных предприятий, общественных и жилых зданий, улиц и площадей городов и поселков, по созданию устройств архитектурного освещения и облучательных установок. Книга содержит большой объем справочного материала, необходимого для повседневной работы специалистов.

Необходимо отметить, что в нашей стране получили известность ряд справочных изданий по различным проблемам светотехники. Первым из них был «Справочник по осветительной технике» под общей редакцией проф. Л. Д. Бельхинда (1935 г.). Многократные издания выдержал «Справочник для проектирования электрического освещения» Г. М. Кнорринга (шестое издание вышло в 1968 г.). В 1959 году вышел «Краткий светотехнический справочник» под общей редакцией проф. В. В. Мешкова, а в 1976 году — «Справочная книга для проектирования электрического освещения» под общей редакцией Г. М. Кнорринга.

Заметным событием явился выход в 1956 и 1958 годах, двух томов «Справочной книги по светотехнике» под общей редакцией акад. В. С. Кулебакина, изданной АН СССР по предложению акад. С. И. Вавилова. Эта книга содержала изложение теоретических вопросов основ светотехники, теории и расчета источников света, световых приборов и осветительных установок. Книга не рассматривала вопросов проектирования и эксплуатации светотехнических установок и не была предназначена для лиц, занимающихся практической работой в области светотехники.

Работа над книгой проведена большим коллективом высококвалифицированных специалистов-светотехников городов Москвы, Ленинграда, Киева, Харькова, Иваново под руководством редколлегии. В редколлегию «Справочной книги по светотехнике» входили:

канд. техн. наук Ю. Б. Айзенберг (главный редактор),

канд. техн. наук С. А. Клюев (зам. главного редактора),

доктор техн. наук М. М. Гуторов,

канд. техн. наук Ц. И. Кроль,

доктор техн. наук Г. Н. Рохлин,

канд. техн. наук Г. С. Сарычев,

Н. Н. Софронов (отв. секретарь),

Л. А. Циперман.

Ответственными за подготовку разделов «Справочной книги по светотехнике» являлись: разд. 1 и 2 — доктор техн. наук М. М. Гуторов, разд. 3 — канд. техн. наук А. С. Дойников, разд. 4 — доктор техн. наук Г. Н. Рохлин, разд. 5, 6 и 7 — канд. техн. наук Ю. Б. Айзенберг, разд. 8 и 11 — канд. техн. наук Ц. И. Кроль, разд. 9 — канд. техн. наук Г. Б. Бухман, разд. 10 и 12 — канд. техн. наук С. А Клюев, разд. 13, 14 и 15 — Л. А. Циперман, разд. 16 — В. М. Карачев, разд. 17 — канд. техн. наук Г. С. Сарычев, разд. 18 — канд. техн. наук Н. Н. Киреев.

Авторы материалов книги указаны в оглавлении после наименования соответствующих разделов и параграфов. Большую помощь при подготовке материалов параграфа 3.2.2 оказала канд. техн. наук В. Е. Карташевская.

Рецензирование материалов книги осуществляли: доктор техн. наук А. А. Волькенштейн (разд. 3), доктор техн. наук Л. Л. Дашкевич (разд. 1, 2 и 18), Н. П. Дмитриевская (разд. 11), канд. техн. наук С. А. Клюев (разд. 5, 7, 13, 14 и 15), доктор техн. наук Д. Н. Лазарев (разд. 17), канд. техн. наук С. Б. Лазаревич (разд. 6), доктор техн. наук А. В. Лунзов (разд. 17), канд. техн. наук А. Б. Матвеев (разд. 8 и 9), канд. техн. наук В. П. Сасоров (разд. 4), Л. А. Циперман (разд. 10, 12 и 16).

Научное редактирование «Справочной книги по светотехнике» выполнено канд. техн. наук В. Г. Боосом, Н. Н. Софроновым, канд. техн. наук Т. Л. Флодиной. Большая помощь при подготовке рукописи оказана научным редактором журнала «Светотехника» Ю. И. Свиридовым.

Материалы «Справочной книги» базируются на номенклатуре и характеристиках выпускаемых отечественной промышленностью светотехнических изделий.

Для удобства пользования книгой приведены список основной литературы, общий для всех глав и содержащий перечень книг и нормативных материалов, а также расположенный в алфавитном порядке список основных сокращений, принятых в книге.

Ю. Б. Айзенберг

СПИСОК ОБЩИХ СОКРАЩЕНИЙ

АВР — автоматический ввод резерва
АЗ — административные здания
АО — аварийное освещение
АЭО — аварийное и эвакуационное освещение
В — вертикальная плоскость, в которой нормируется или измеряется освещенность
ВАХ — вольт-амперная характеристика
ВРУ — вводно-распределительное устройство
Г — горизонтальная плоскость, в которой нормируется или измеряется освещенность
ГЛ — газоразрядные лампы
ГЛВД — газоразрядные лампы высокого давления
ГЛН — галогенные лампы накаливания
ГЛНД — газоразрядные лампы низкого давления
ГРЩ — главный распределительный щит
ДКсТ — дуговая ксеноновая трубчатая лампа
ДРЛ — дуговая ртутная люминесцентная лампа (с исправленной цветностью)
ЗР — зрительная работоспособность
ИК — инфракрасное излучение
ИЛ — импульсная лампа
ИС — источник света
КЕО — коэффициент естественной освещенности
КОУ — комплектное осветительное устройство со щелевым световодом
КСС — кривая силы света
КТП — комплектная трансформаторная подстанция
ЛЛ — люминесцентные лампы
ЛН — лампы накаливания
МГЛ — металлогалогеиные лампы
МКО — Международная комиссия по освещению
МЭК — Международная электротехническая комиссия
НЛВД — натриевые лампы высокого давления
НЛНД — натриевые лампы низкого давления
НО — наружное освещение
ОЗ — общественные здания
ОИ — оптическое излучение
ОП — осветительные приборы
ОСУ — облучательные светотехнические установки
ОУ — осветительные установки
ПИВРЭ — Правила изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования
ПКО — проектно-конструкторские организации
ПРА — пускорегулнрующий аппарат (аппараты)
ПТ — производительность труда
ПУЭ — Правила устройства электроустановок
РЛВД — ртутные лампы высокого давления
РЛНД — ртутные лампы низкого давления
СНиП — Строительные Нормы и Правила
СН — Строительные Нормы
СП — световые приборы
СУ — световые указатели
ТП — трансформаторные подстанции
ТЭР — технико-экономические расчеты
У — условная рабочая плоскость, в которой нормнруется или измернется освещенность
УФ — ультрафнолетовое излучение
ЭВМ — электронные вычислительные машины
ЭО — эвакуационное освещение
ЭЛП — электролюминесцентные панели
ЭУ — электроустановочные устройства

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3
Список общих сокращений 4
Введение (*Ю. Б. Айзенберг*) 8

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ

Основные понятия и величины (*М. М. Гуторов*) 9
1.1. Оптическое излучение 9
1.2. Краткие сведения о приемниках энергии излучения 10
1.3. Энергетическая и световая системы величин 11
1.4. Оптические и светотехнические характеристики тел 12
1.5. Энергетические и световые характеристики импульсного излучения 14
1.6. Эффективные системы величин для оценки ультрафиолетового излучения . . 14
1.7. Характеристики светового поля . . . 15
Список литературы 17

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ

Функции и параметры зрения (*М. М. Гуторов, Е. А. Никитина*) 17
2.1. Установившиеся зрительные процессы . 17
2.2. Неустановившиеся зрительные процессы, зрительное утомление и дискомфорт . 19
2.3. Зрительная работоспособность . . . 21
Список литературы 22

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

Метрология оптического излучения 23
3.1. Введение (*А. С. Дойников*) . . . 23
3.2. Фотометрия 24
3.2.1. Приемники оптического излучения (*В. А. Гаванин*) 24
3.2.2. Световые измерения (*А. С. Дойников*) 28
3.2.3. Энергетические и спектральные измерения (*А. С. Дойников*) . . 38
3.2.4. Импульсная фотометрия (*А. С. Дойников*) 39
3.3. Колориметрия (*Р. С. Иоффе*) . . . 41
3.3.1. Основные положения колориметрии 41
3.3.2. Измерение цвета. Методы и приборы. Атласы цветов 45
3.3.3. Определение колориметрических параметров источников света . . 47
Список литературы 49

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

Источники оптического излучения 51
4.1. Введение (*Г. Н. Рохлин*) 51
4.2. Тепловые излучатели (*П. В. Пляскин*) 53
4.2.1. Законы теплового излучения . . 53
4.2.2. Электрические вольфрамовые лампы накаливания 54
4.2.3. Галогенные лампы накаливания . 67
4.3. Газоразрядные лампы 69
4.3.1. Общие свойства газоразрядных ламп (*Г. Н. Рохлин*) 69
4.3.2. Люминесцентные лампы (*В. Г. Боос, В. В. Федоров*) 74
4.3.3. Ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления (*Г. Н. Рохлин*) 82
4.3.4. Металлогалогенные лампы (*Г. Н. Рохлин*) 87
4.3.5. Натриевые лампы (*Е. Б. Волкова*) 91
4.3.6. Ксеноновые лампы (*Г. Н. Рохлин*) 95
4.3.7. Импульсные лампы (*А. С. Дойников*) 98
4.3.8. Различные газоразрядные лампы (*Г. Н. Рохлин*) 102
4.4. Некоторые специальные источники света (*Г. Н. Рохлин*) 105
4.4.1. Электролюминесцентные панели . 105
4.4.2. Светоизлучающие диоды . . . 105
4.4.3. Источники света с радиоактивными изотопами 106
4.4.4. Лазеры 107
Список литературы 110

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

Световые приборы (*Ю. Б. Айзенберг*) . . . 111
5.1. Введение 111
5.2. Основные понятия. Общая классификация световых приборов 111
5.3. Характеристики и частные классификации световых приборов 114
5.3.1. Светотехнические характеристики . 114
5.3.2. Характеристики безопасности . . 121
5.3.3. Защита от воздействия среды . 125
5.3.4. Характеристики надежности работы 128
5.3.5. Монтажно-эксплуатационные характеристики 132
5.3.6. Уровень создаваемых помех . . 132
5.3.7. Себестоимость, материалоемкость, трудоемкость изготовления световых приборов 132
5.4. Номенклатура и технические характеристики световых приборов 133
5.5. Система обозначений и маркировка . . 134
Список литературы 136

РАЗДЕЛ ШЕСТОЙ

Пускорегулирующие аппараты (*А. М. Троицкий*) 136
6.1. Функции и параметры пускорегулирующих аппаратов 136
6.2. Схемы, конструкции и характеристики пускорегулирующих аппаратов . . . 139
6.2.1. Аппараты мгновенного зажигания 139
6.2.2. Аппараты быстрого зажигания (бесстартерные пускорегулирующие аппараты для люминесцентных ламп) 142
6.2.3. Аппараты для зажигания ламп импульсом напряжения 143
6.2.4. Тенденции совершенствования схем и конструкций пускорегулирующих аппаратов 149
Список литературы 150

РАЗДЕЛ СЕДЬМОЙ

Электроустановочные устройства (*Э. С. Розенталь*) 150
Список литературы 156

РАЗДЕЛ ВОСЬМОЙ

Нормирование осветительных установок . . 156
8.1. Цели и задачи нормирования освещения (*Ц. И. Кроль*) 156
8.2. Выбор критериев нормирования количественных и качественных показателей осветительных установок 157
8.2.1. Выбор критериев нормирования освещенности для промышленных осветительных установок (*Ц. И. Кроль*) 157
8.2.2. Нормирование качественных показателей для промышленных осветительных установок (*Ц. И. Кроль*) 160
8.2.3. Выбор критериев нормирования осветительных установок общественных зданий (*Г. Н. Ундасынов*) . 163
8.2.4. Выбор критериев нормирования установок наружного освещения (*В. М. Карачев*) 165
8.2.5. Критерии нормирования естественного освещения (*Н. Н. Киреев*) . 166
8.3. Структура отечественных нормативных документов (*Ц. И. Кроль*) 167
Список литературы 170

РАЗДЕЛ ДЕВЯТЫЙ

Светотехнические расчеты осветительных установок 171
9.1. Общие рекомендации по расчетам (*Г. Б. Бухман*) 171
9.1.1. Перечень подготовительных работ для выполнения светотехнических расчетов 171
9.1.2. Основные факторы, влияющие на точность и качество расчетов . . 172
9.2. Освещенность точек поверхности. Точечный метод расчета (*Г. Б. Бухман*) . . 172
9.2.1. Круглосимметричные точечные излучатели (совместно с *В. А. Прибытковым*) 173
9.2.2. Некруглосимметричные точечные излучатели 184
9.2.3. Светящие линии 186
9.2.4. Светящие поверхности 188
9.3. Метод коэффициента использования (*Г. Б. Бухман*) 189
9.4. Расчет качественных показателей осветительных установок 192
9.4.1. Расчет цилиндрической освещенности (*Г. Б. Бухман*) 192
9.4.2. Определение коэффициента пульсации (*Г. Б. Бухман*) 193
9.4.3. Расчет показателя ослепленности (*Е. И. Мамсурова*) 194
9.4.4. Расчет показателя дискомфорта (*Г. В. Федюкина*) 199
Список литературы 202

РАЗДЕЛ ДЕСЯТЫЙ

Проектирование осветительных установок (*С. А. Клюев*) 202
10.1. Общие положения 202
10.2. Светотехническая часть проектов . . 204
10.3. Электротехническая часть проектов . 209
10.4. Учет требований эксплуатации в проектах 216
10.5. Экономия электроэнергии в осветительных установках 216
10.6. Методы технико-экономической оценки осветительных установок 217
Список литературы 220

РАЗДЕЛ ОДИННАДЦАТЫЙ

Эксплуатация осветительных установок . . . 220
11.1. Общие задачи эксплуатации и ее технико-экономическое значение (*Ц. И. Кроль*) 220
11.2. Организация эксплуатации осветительных установок 221
11.2.1. Структура служб эксплуатации (*Ц. И. Кроль, В. М. Карачев*) . 221
11.2.2. Светотехнические мастерские и лаборатории (*С. А. Клюев*) . . 223
11.2.3. Утилизация отработанных газоразрядных ламп (*С. А. Клюев*) 225
11.2.4. Определение рекомендуемой численности обслуживающего персонала (*Ц. И. Кроль*) 225
11.3. Средства доступа к светильникам и светопроемам 226
11.3.1. Средства доступа к светильникам в установках внутреннего освещения (*М. Г. Лурье*) 226
11.3.2. Средства доступа к светильникам наружного освещения (*В. М. Карачев*) 230
11.3.3. Средства доступа к светопроемам (*Ц. И. Кроль*) 231
11.4. Организация обслуживания осветительных установок 233
11.4.1. Осветительные установки внутреннего освещения (*Ц. И. Кроль, Г. Д. Варсанофьева*) . . . 233
11.4.2. Режимы и способы обслуживания установок наружного освещения (*В. М. Карачев*) 236
Список литературы 237

РАЗДЕЛ ДВЕНАДЦАТЫЙ

Промышленное освещение 237
12.1. Основные требования к промышленным осветительным установкам (*С. А. Клюев*, номенклатура и характеристика световых приборов — *Н. В. Семенова*) . . 237
12.2. Особенности освещения взрыво- и пожароопасных зон (*И. Я. Пикман*) . . 244
12.3. Осветительные установки основных общепромышленных производств . . . 249
12.3.1. Литейные заводы и цеха (*Г. Д. Варсанофьева*) 249
12.3.2. Механические и инструментальные цеха (*Г. Д. Варсанофьева*) 255
12.3.3. Сборочные цеха (*М. А. Фаермарк*) 259
12.3.4. Гальванические цеха (*М. А. Фаермарк*) 265
12.3.5. Окрасочные цеха (*И. Я. Пикман*) 269
12.3.6. Общепромышленные объекты (*Ю. Б. Оболенцев*) 272
12.3.7. Освещение территорий промышленных предприятий, карьеров и строительных площадок (*М. С. Дадиомов*) 277

12.4. Освещение основных цехов различных отраслей промышленности 281
12.4.1. Черная металлургия (*С. А. Клюев*) 281
12.4.2. Нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность (*Н. А. Брянский*) 285
12.4.3. Электротехническая промышленность (*М. А. Фаермарк*) . . 287
12.4.4. Легкая промышленность (*Н. П. Дмитриевская*) 295
12.4.5. Деревообрабатывающая промышленность (*О. В. Белякова*) . . 300
Список литературы 305

РАЗДЕЛ ТРИНАДЦАТЫЙ

Освещение общественных зданий и сооружений 306
13.1. Общие требования и рекомендации (*Л. А. Циперман*, номенклатура и характеристики светильников — *Н. В. Семенова*) 306
13.2. Административные здания, проектно-конструкторские организации (*Л. А. Циперман*) 320
13.3. Лечебно-профилактические учреждения (*В. В. Рощин*) 326
13.4. Школы (*И. К. Тульчин*) 332
13.5. Библиотеки и архивы (*В. И. Шибаев*) 336
13.6. Предприятия торговли (*Н. Д. Эпштейн*) 339
13.7. Предприятия общественного питания (*Р. И. Пашковский*) 344
13.8. Зрелищные сооружения (*А. Б. Матвеев*) 348
13.9. Музеи, выставки (*В. И. Герсонская*) . 357
13.10. Витрины (*Т. Н. Сидорова*) 364
13.11. Спортивные сооружения (*В. М. Царьков, Г. Р. Шахпарунянц*) 367
13.12. Телевизионные студии (*Г. Р. Шахпарунянц*) 377
13.13. Предприятия бытового обслуживания населения (*И. К. Тульчин*) . . . 382
Список литературы 386

РАЗДЕЛ ЧЕТЫРНАДЦАТЫЙ

Освещение квартир (*В. Б. Бурский, М. Ю. Каплинская*) 387
14.1. Основные принципы освещения квартир 387
14.2. Требования к отражающим поверхностям интерьера 388
14.3. Источники света 388
14.4. Светильники 389
14.5. Приемы освещения 390
14.6. Электрическая часть осветительных установок 396
Список литературы 396

РАЗДЕЛ ПЯТНАДЦАТЫЙ

Архитектурное освещение 397
15.1. Освещение интерьера (*Л. А. Циперман*) 397
15.2. Наружное архитектурное освещение (*Г. Б. Бухман*) 410
Список литературы 414

РАЗДЕЛ ШЕСТНАДЦАТЫЙ

Наружное освещение городов и населенных пунктов (*В. М. Карачев, Т. Л. Флодина*) 414
16.1. Нормативные требования к осветительным установкам 415
16.2. Источники света 416
16.3. Осветительные приборы 416
16.4. Системы освещения 426
16.5. Проектирование осветительных установок наружного освещения 426
Список литературы 432

РАЗДЕЛ СЕМНАДЦАТЫЙ

Облучательные светотехнические установки . . 433
17.1. Введение (*Г. С. Сарычев*) 433
17.2. Облучательные установки теплового действия (*В. И. Рычков, Г. С. Сарычев*) 434
17.2.1. Источники излучения для облучательных установок теплового действия 434
17.2.2. Облучательные установки для сушки 435
17.2.3. Облучательные установки инфракрасного нагрева 436
17.3. Облучательные светотехнические установки фотохимического действия (*Г. С. Сарычев, Г. Н. Гаврилкина*) . . . 438
17.3.1. Установки объемного фотохимического действия 438
17.3.2. Установки для поверхностных фотохимических процессов . . . 440
17.4. Облучательные светотехнические установки фотобиологического действия (*Г. С. Сарычев, Л. Б. Прикупец, В. П. Муругов, Е. И. Мудрак, В. М. Леман*) 442
17.4.1. Облучательные установки для растений 443
17.4.2. Облучательные светотехнические установки медицинского назначения 446
17.4.3. Облучательные светотехнические установки для сельскохозяйственных животных и птиц . . . 447
17.4.4. Облучательные установки бактерицидного действия 448
17.4.5. Облучательные установки, использующие эффект фототаксиса . 449
17.5. Облучательные светотехнические установки с когерентными источниками излучения (*А. Е. Новик, Г. С. Сарычев*) 450
Список литературы 451

РАЗДЕЛ ВОСЕМНАДЦАТЫЙ

Естественное освещение (*Н. Н. Киреев*) . . . 452
18.1. Естественное освещение зданий . . 452
18.1.1. Гигиеническая и энергетическая роль естественного света в зданиях 452
18.2. Нормирование естественного освещения 457
18.3. Проектирование естественного освещения 460
18.4. Измерение естественной освещенности
Список литературы 468
Список основной литературы 469
Предметный указатель 470

ВВЕДЕНИЕ

Светотехника — область науки и техники, предметом которой являются исследование принципов и разработка способов генерирования, пространственного перераспределения и измерения характеристик оптического излучения, а также преобразования его энергии в другие виды энергии и использования в различных целях. Светотехника включает в себя также конструкторскую и технологическую разработку источников излучения и систем управления ими, осветительных, облучательных и светосигнальных приборов, устройств и установок, нормирование, проектирование, монтаж и эксплуатацию светотехнических установок.

Современное человеческое общество немыслимо без повсеместного использования света. Осветительные установки создают необходимые условия освещения, которые обеспечивают зрительное восприятие (видение), дающее около 90 % информации, получаемой человеком от окружающего его мира. Свет создает нормальные условия для работы и учебы, улучшает наш быт. Без современных средств освещения невозможна работа шахт и рудников, предприятий в бесфонарных и безоконных зданиях, метрополитена, многих взрыво- и пожароопасных производств. Без искусственного света не может обойтись современный город, невозможны строительство и сельскохозяйственные работы в темное время суток, а также работа транспорта. Свет обеспечивает возможность космических полетов, освоения Мирового океана. Оптическое излучение все в большей степени используется в современных технологических процессах в промышленности и сельском хозяйстве, становится неотъемлемой частью фотохимических производств, играет всевозрастающую роль в повышении продуктивности животноводства и птицеводства, урожайности растительных культур. Световая сигнализация является одним из распространенных средств связи, особенно на всевозможных видах транспорта.

Эффективное использование света с помощью достижений современной светотехники — важнейший резерв повышения производительности труда и качества продукции, снижения травматизма и сохранения здоровья людей.

О масштабах современной светотехники можно судить по следующим цифрам. В нашей стране в настоящее время только в промышленности и сельском хозяйстве, в общественных и жилых зданиях и на улицах городов установлено более 1 млрд. световых точек суммарной мощностью около 100 млн·кВт. На освещение ежегодно расходуется свыше 170 млрд. кВт·ч электроэнергии, т. е. примерно 13 % вырабатываемой в стране (по данным 1980 г.). Ежегодно в СССР выпускается более 2 млрд. различных электрических источников света и более 100 млн. светильников и комплектующих изделий для них.

Светотехническими исследованиями и разработками в нашей стране систематически занимаются многие научные и учебные центры. Среди них Всесоюзный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический светотехнический институт (ВНИСИ, Москва), Всесоюзный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт источников света им. А. Н. Лодыгина (ВНИИИС, Сарайск), Всесоюзный проектно-конструкторский и технологический институт светотехнической промышленности (ВПКТИСвет, Тернополь), светотехнические лаборатории научно-исследовательских институтов охраны и гигиены труда, кафедры светотехники ряда учебных институтов (Московского ордена Ленина энергетического института, Мордовского Государственного университета им. Н. П. Огарева, Харьковского института инженеров коммунального строительства и др.), светотехнические лаборатории институтов Госстроя СССР и Госгражданстроя СССР (НИИСтройфизики, ЦНИИЭП инженерного оборудования, жилых зданий, учебных и лечебных зданий и др.). Работы по светотехническому проектированию возглавляются ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, ГПИ Электропроект и их отделениями, Управлениями Моспроект I и II и Ленпроект.

Научно-технический прогресс светотехнической промышленности СССР позволил только за последние 20 лет увеличить объем производства наиболее эффективных газоразрядных ламп более чем в 25 раз, а выпуск светотехнического оборудования для этих ламп в 14 раз, благодаря чему доля световой энергии, вырабатываемой в стране наиболее экономичными газоразрядными источниками света, возросла с 2 % в 1960 г. до 63 % в 1980 г. Это послужило основой для пересмотра общесоюзных норм освещения дважды за этот период в сторону их значительного увеличения и позволило получить суммарную экономию электроэнергии 98 млрд. кВт·ч, т. е. столько, сколько выработали бы за год шесть таких электростанций, как Красноярская ГЭС.

Становление и развитие светотехники неразрывно связаны с прогрессом в области физиологии зрения, оптики, учения об электричестве. Большое значение для формирования светотехники имели работы И. Ньютона, И. Ламберта, М. В. Ломоносова, П. Бугера, Т. Юнга, В. В. Петрова, Я. Пуркинье, Г. Гельмгольца. Новая эра в истории развития светотехники открылась с переходом на использование электрических источников света. Работы А. Н. Лодыгина, Т. Эдисона, П. Н. Яблочкова, приведшие к созданию электрических ламп, послужили основой бурного прогресса светотехники. Важными вехами на этом пути явились разработка и внедрение люминесцентных ламп, газоразрядных ламп высокого давления, галогенных ламп накаливания.

В нашей стране светотехника получила подлинное развитие лишь после Великой Октябрьской социалистической революции, когда была создана отечественная промышленность, научная и проектная база. Советская светотехническая школа внесла значительный вклад в прогресс мировой светотехники. Работы С. И. Вавилова (люминесценция, действие света), М. А. Шателена (фотометрия, нормирование), С. О. Майзеля (физические основы процесса зрения), А. А. Гершуна (теоретическая фотометрия), П. М. Тиходеева (нормирование, световые эталоны и измерения), В. В. Мешкова (принципы нормирования и проектирования), В. А. Фабриканта (теория и создание люминесцентных ламп, открытие принципа действия квантовых генераторов), Г. М. Кнорринга (принципы светотехнических расчетов и проектирования осветительных установок) сыграли большую роль в развитии как отечественной, так и мировой светотехнической науки и техники.

Главной задачей современной светотехники является обеспечение комфортной световой среды для труда и отдыха человека, а также повышение эффективности и масштаба применения света в технологических процессах на основе рационального использования электрической энергии, расходуемой в светотехнических установках, и снижения затрат на их создание и эксплуатацию. Содействие наиболее полному и квалифицированному использованию современных достижений светотехнической науки и промышленности для решения указанной задачи — цель настоящей «Справочной книги по светотехнике».

Раздел первый

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ВЕЛИЧИНЫ

1.1. ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Излучение (радиация) является одной из форм существования материи в виде электромагнитного поля. Характерной особенностью излучения является корпускулярно-волновой дуализм.

Фотон — элементарная частица излучения, энергия которой (квант) равна $\varepsilon = h\nu$, где $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка; ν — частота излучения, Гц.

В вакууме фотоны движутся со скоростью $c_0 \approx \approx 2{,}9979 \cdot 10^8$ м/с (скорость света).

Корпускулярные свойства фотона определяются его массой $m_\Phi = \varepsilon / c_0^2$ и импульсом $P_\Phi = h\nu/c$. Фотон движется со скоростью c_0 — максимальной скоростью, с которой может двигаться элементарная частица материи; следовательно, его масса покоя равна нулю.

Волновые свойства фотона описываются частотой и длиной волны. Длина волны фотона в вакууме $\lambda = c_0/\nu$.

Генераторами излучения являются движущиеся молекулы и атомы вещества. Монохроматическое (однородное) излучение получить на практике нельзя. Принято под монохроматическим излучением понимать совокупность выделяемых источником излучения фотонов, обладающих практически одинаковой длиной волны.

Сложное излучение представляют состоящим из совокупности монохроматических излучений. Светотехника имеет дело с оптическим излучением, т. е. электромагнитным излучением с длинами волн примерно от 1 нм до 1 мм, лежащими в области между рентгеновскими лучами и радиоизлучением (рис. 1.1).

Оптическая область спектра делится на ультрафиолетовую (УФ), видимую и инфракрасную (ИК).

Ультрафиолетовое излучение — оптическое излучение, длины волн монохроматических составляющих которого лежат в пределах от 1 до 380 нм. МКО предлагает следующее деление УФ излучений с длинами волн от 100 до 400 нм: УФ-А от 315 до 400 нм; УФ-В от 280 до 315 нм; УФ-С от 100 до 280 нм.

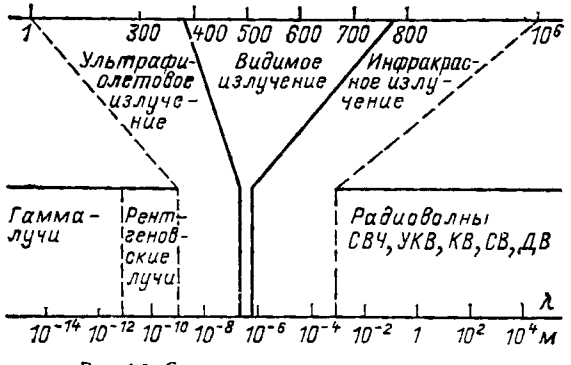


Рис. 1.1. Спектр электромагнитного излучения.

Видимое излучение (свет) — излучение, которое, попадая на сетчатую оболочку глаза, может вызвать зрительное ощущение (ощущение — превращение энергии внешнего раздражителя в факт сознания). Видимое излучение имеет длины волн монохроматических составляющих в пределах 380—780 нм.

Инфракрасное излучение имеет длины волн монохроматических составляющих, большие длин волн видимого излучения (но не более 1 мм). МКО предлагает следующее деление ИК области излучений: ИК-А от 780 до 1400 нм; ИК-В от 1400 до 3000 нм; ИК-С от 3000 до 10^6 нм (от 3 мкм до 1 мм).

Спектр излучения — совокупность монохроматических излучений, входящих в состав сложного излучения. Спектр излучения может описываться графической, аналитической или табличной зависимостью. Источники излучения могут иметь сплошной, полосатый, линейчатый спектр или спектр, имеющий сплошную и линейчатую составляющие.

Сплошной спектр — спектр, у которого монохроматические составляющие заполняют без разрывов интервал длин волн, в пределах которого происходит излучение.

Полосатый спектр — спектр, монохроматические составляющие которого образуют дискретные группы (полосы), состоящие из множества тесно расположенных линий.

Линейчатый спектр — спектр, состоящий из отдельных, не примыкающих друг к другу монохроматических излучений.

Поток излучения Φ_e — мощность излучения, т. е.

$$\Phi_e = dQ_e/dt;$$

$$\Phi_e(\lambda, d\lambda) = dQ_e(\lambda, d\lambda)/dt,$$

где dQ_e, $dQ_e(\lambda, d\lambda)$ — энергии сложного и монохроматического излучений, испускаемые за время dt; Φ_e и $\Phi_e(\lambda, d\lambda)$ — потоки сложного и монохроматического излучений, Вт.

Монохроматический поток излучения иногда измеряется также числом квантов в единицу времени.

Для описания распределения потока излучения по спектру пользуются *спектральной плотностью потока излучения*

$$\Phi_{e\lambda} = d\Phi_e(\lambda, d\lambda)/d\lambda.$$

Во многих случаях размеры источника излучения намного меньше расстояния от него до облучаемого объекта, поэтому правомочно рассматривать условный точечный источник излучения, т. е. такой, размеры которого настолько малы по сравнению с расстоянием до приемника, что ими можно пренебречь при расчетах. Если принять за точечный источник излучения равномерно излучающий диск с диаметром d, то погрешность при расчетах в зависимости от расстояния l

от диска до приемника составляет около 9 % при $l/d=3$ и около 4 % при $l/d=5$.

Излучение источника распространяется в некотором телесном угле.

Телесный угол ω. Часто используются телесные углы, ограниченные разными коническими поверхностями (рис. 1.2). Мерой телесного угла с вершиной в центре сферы r является отношение площади сферической поверхности dA, на которую он опирается, к квадрату радиуса сферы. За единицу телесного угла — стерадиан (ср) принят телесный угол, вырезающий

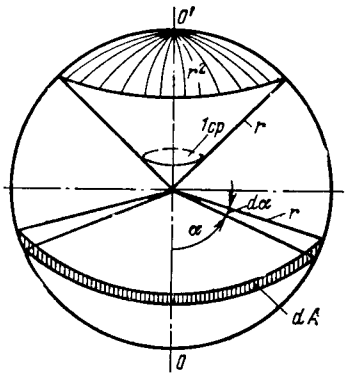


Рис. 1.2 К понятию и расчету телесного угла.

участок сферы, площадь которого равна квадрату ее радиуса. Элементарный зональный телесный угол $d\omega$ ограничен двумя соосными коническими поверхностями, образующие которых смещены на угол $d\alpha$:

$$d\omega = dA/r^2 = 2\pi \sin\alpha\, d\alpha.$$

Зональный телесный угол $\Delta\omega$, для которого

$$\alpha_2 - \alpha_1 = \Delta\alpha, \text{ равен: } \Delta\omega = 2\pi \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin\alpha\, d\alpha =$$

$$= 2\pi(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2).$$

Таблица 1.1. Значения зональных телесных углов

$\alpha_{ср}=\frac{\alpha_i+\alpha_{i+1}}{2}$	Границы телесного угла $\alpha_i-\alpha_{i+1}$	$\Delta\omega_{i,\ i+1}$	Границы телесного угла $\alpha_i-\alpha_{i+1}$	$\alpha_{ср}=\frac{\alpha_i+\alpha_{i+1}}{2}$
5°	0—10°	0,095	170—180°	175°
15	10—20	0,283	160—170	165
25	20—30	0,463	150—160	155
35	30—40	0,628	140—150	145
45	40—50	0,774	130—140	135
55	50—60	0,897	120—130	125
65	60—70	0,993	110—120	115
75	70—80	1,058	100—110	105
85	80—90	1,091	90—100	95

1.2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРИЕМНИКАХ ЭНЕРГИИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Реакция приемника излучения на падающий поток излучения оценивается эффективным потоком $\Phi_{эф}$. Численно эффективный поток физического приемника определяется мощностью, током, протекающим в выходной цепи приемника, или другой величиной, описывающей реакцию приемника на поглощенный им поток излучения.

Чувствительность приемника характеризует реакцию приемника на падающий на его приемную поверхность поток излучения и имеет размерность величины, соответствующей отношению эффективного потока $\Phi_{эф}$ к потоку излучения Φ_e, т. е.

$$S_п = C\Phi_{эф}/\Phi_e = C\alpha_e \eta_э,$$

где C — коэффициент пропорциональности; $\eta_э$ — энергетический выход преобразования приемником излучения; α_e — коэффициент поглощения приемником потока излучения.

Спектральная чувствительность приемника $s_{пλ}$ по аналогии с $S_п$ может быть определена так:

$$s_{пλ} = C\alpha_λ\, \eta_{эλ},$$

где $\alpha_λ$ – спектральный коэффициент поглощения приемником монохроматического потока излучения; $\eta_{эλ}$ — энергетический выход преобразования приемником монохроматического потока излучения.

Относительная спектральная чувствительность приемника излучения $V_{пλ}$ — число, характеризующее отношение спектральной чувствительности приемника излучения к максимальной спектральной чувствительности этого же приемника $s_{пmax}$, т. е.

$$V_{пλ} = s_{пλ}/s_{пmax}.$$

Эффективный поток приемника, облучаемого

а) монохроматическим потоком $\Phi_e(\lambda, d\lambda)$:

$$\Phi_{эф}(\lambda, d\lambda) = s_{пλ}\Phi_e(\lambda, d\lambda) = s_{пmax}\Phi_e(\lambda, d\lambda)\, V_{пλ};$$

б) сложным потоком:

$$\Phi_{эф} = \int \Phi_{eλ}(\lambda)\, s_п(\lambda)\, d\lambda = s_{пmax} \int \Phi_{eλ}(\lambda)\, V_п(\lambda)\, d\lambda.$$

Для создания систем величин и единиц пользуются эффективными потоками образцовых приемников, мера реакции которых на облучение должна отвечать следующим требованиям:

1. Подвергаться непосредственному или косвенному измерению с достаточной степенью точности.

2. При облучении монохроматическим излучением относительная спектральная чувствительность $V_{пλ}$ (относительная спектральная световая эффективность) должна оставаться постоянной.

3. При облучении сложным излучением мера реакции должна однозначно определяться чувствительностью приемника $s_п$.

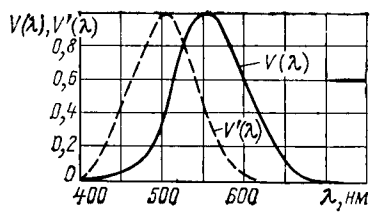


Рис. 1.3. Кривые функций относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного $V(\lambda)$ и ночного $V'(\lambda)$ зрения.

Каждая эффективная система величин строится на основании функции относительной спектральной чувствительности $V_п(\lambda)$ образцового приемника.

Одной из систем эффективных величин является система световых величин. Для этой системы характеристикой образцового приемника является относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного фотометрического наблюдателя МКО для дневного зрения $V(\lambda)$ и ночного зрения $V'(\lambda)$ (табл. 1.2, рис. 1.3). Зависимость $V(\lambda)$ определена для поля зрения в 2°. Кривые $V(\lambda)$ и $V'(\lambda)$ сдвинуты относитель-

Таблица 1.2. Относительная спектральная световая эффективность излучения для стандартного фотометрического наблюдателя МКО

Длина волны λ, нм	Дневное зрение $V(\lambda)$	Ночное зрение $V'(\lambda)$	Длина волны λ, нм	Дневное зрение $V(\lambda)$	Ночное зрение $V'(\lambda)$
380	0,0000	0,000589	590	0,757	0,0655
390	0,0001	0,002209	600	0,631	0,03315
400	0,0004	0,00929	610	0,503	0,01593
410	0,0012	0,03484	620	0,381	0,00737
420	0,0040	0,0966	630	0,266	0,003335
430	0,0116	0,1998	640	0,175	0,001497
440	0,023	0,3281	650	0,107	0,000677
450	0,038	0,455	660	0,061	0,0003129
460	0,060	0,567	670	0,032	0,0001480
470	0,091	0,676	680	0,017	0,0000715
480	0,139	0,793	690	0,0082	0,00003533
490	0,208	0,904	700	0,0041	0,00001780
500	0,323	0,982	710	0,0021	0,00000914
510	0,503	0,997	720	0,00105	0,00000478
520	0,710	0,935	730	0,00052	0,000002546
530	0,862	0,811	740	0,00025	0,000001379
540	0,954	0,650	750	0,00012	0,000000760
550	0,995	0,481	760	0,00006	0,000000425
560	0,995	0,3288	770	0,00003	0,000000241
570	0,952	0,2076	780	0,000015	0,000000139
580	0,870	0,1212			

но друг друга, что объясняется различием в спектральной чувствительности колбочкового световоспринимающего аппарата дневного и палочкового — аппарата ночного зрения. Максимум функции $V(\lambda)$ приходится на длину волны $\lambda=555$ нм, а максимум функции $V'(\lambda)$ приходится на $\lambda=507$ нм. Максимальная относительная спектральная чувствительность светлоадаптированного стандартного наблюдателя МКО $K_{max}=680$ лм/Вт и определена для монохроматического излучения с $\lambda=555$ нм. Определение единицы светового потока — люмена (лм) будет дано ниже.

1.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И СВЕТОВАЯ СИСТЕМЫ ВЕЛИЧИН

Световой поток — мощность световой энергии, эффективная величина измеряется в люменах:

$$\Phi = dQ/dt.$$

Единица светового потока — люмен (лм); 1 мм соответствует световому потоку, излучаемому в единичном телесном угле точечным изотропным источником с силой света 1 кандела (определение канделы будет дано ниже).

Монохроматический световой поток $\Phi(\lambda, d\lambda) = K_{max}\Phi_e(\lambda, d\lambda)\,V_\lambda = 680\Phi_e(\lambda, d\lambda)\,V_\lambda$.

Световой поток сложного излучения:

с линейчатым спектром

$$\Phi = 680 \sum_{i=1}^{n} \Phi_e(\lambda_i d\lambda)\,V_{\lambda i};$$

со сплошным спектром

$$\Phi = 680 \int_{380}^{780} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda,$$

где n — число линий в спектре; $\Phi_\lambda(\lambda)$ — функция спектральной плотности потока излучения.

Сила излучения (энергетическая сила света). Сила излучения $I_{e\alpha\beta}$ — пространственная плотность потока излучения, численно равная отношению потока излучения $d\Phi_e$ к телесному углу $d\omega$, в пределах которого поток распространяется и равномерно распределяется:

$$I_{e\alpha\beta} = d\Phi_e/d\omega.$$

Сила излучения определяет пространственную плотность излучения точечного источника, расположенного в вершине телесного угла (рис. 1.4). За направление $I_{e\alpha\beta}$ принимают ось телесного угла $d\omega$, ориентированную углами α и β в продольной и поперечной плоскостях. Единица силы излучения Вт/ср названия не имеет.

Распределение в пространстве потока излучения точечного источника однозначно определяется его *фотометрическим телом* — частью пространства, ограниченного поверхностью, проведенной через концы радиус-

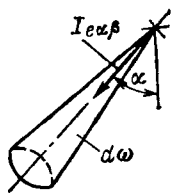


Рис. 1.4. К определению силы излучения.

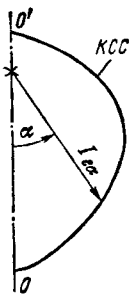


Рис. 1.5. Сечение фотометрического тела плоскостью.

векторов силы излучения. Сечение фотометрического тела плоскостью, проходящей через начало координат (через точечный источник), определяет кривую силы света (КСС) источника для данной плоскости сечения. Если фотометрическое тело имеет ось симметрии, источник излучения характеризуют КСС в продольной плоскости (рис. 1.5).

Поток излучения точечного круглосимметричного источника излучения

$$\Phi_e = \int_{\Delta\omega} I_e(\alpha)\,d\omega = 2\pi \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} I_e(\alpha)\sin\alpha\,d\alpha,$$

где $\Delta\omega$ — зональный телесный угол, в пределах которого распространяется излучение источника; определяется в продольной плоскости углами α_1 и α_2.

Сила света точечного источника — пространственная плотность светового потока, т. е.

$$I_{\alpha\beta} = d\Phi/d\omega.$$

Кандела (кд) — единица силы света (одна из основных единиц системы СИ). Кандела равна силе света, испускаемой в перпендикулярном направлении с площади в 1/600 000 м² черного тела при температуре затвердевания платины $T=2045$ К и давлении 101325 Па.

Световой поток ИС определяется по КСС, если фотометрическое тело имеет ось симметрии. Если КСС $I(\alpha)$ задана графиком или таблицей, расчет светового потока источника определяется выражением

$$\Phi = \sum_{i=1}^{n} I_{\alpha i}\,\Delta\omega_{i,i+1},$$

где $I_{\alpha i}$ — среднее значение силы света в зональном телесном угле; $\Delta\omega_{i,i+1} = 2\pi(\cos\alpha_i - \cos\alpha_{i+1})$ (см. табл. 1.1).

Энергетическая светимость (излучательность) — отношение потока излучения, исходящего от рассматриваемого малого участка поверхности, к площади этого участка, т. е.

$$M_e = d\Phi_e/dA; \quad M_{e\text{ср}} = \Phi_e/A,$$

где $d\Phi_e$ и Φ_e — потоки излучения, испускаемые участком поверхности dA или поверхностью A.

Единица измерения энергетической светимости Вт/м² — поток излучения, испускаемый с 1 м² поверхности, эта единица названия не имеет.

Светимость — отношение светового потока, исходящего от рассматриваемого малого участка поверхности, к площади этого участка, т. е.

$$M = d\Phi/dA; \quad M_{ср} = \Phi/A,$$

где $d\Phi$ и Φ — световые потоки, испускаемые участком поверхности dA или поверхностью A. Светимость измеряется в лм/м² — это световой поток, испускаемый с 1 м².

Энергетическая освещенность (облученность) — плотность лучистого потока по облучаемой поверхности:

$$E_e = d\Phi_e/dA; \quad E_{ecp} = \Phi_e/A,$$

где E_e и E_{ecp} — соответственно облученность участка поверхности dA и средняя облученность поверхности A.

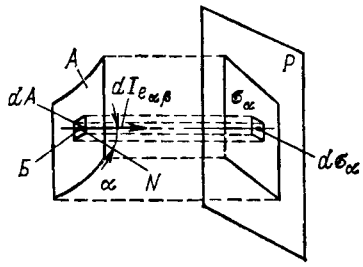


Рис. 1.6. К определению понятий энергетической яркости и яркости.

За единицу измерения облученности Вт/м² принимают такую облученность, при которой 1 Вт потока излучения падает и равномерно распределяется по поверхности в 1 м²; эта единица названия не имеет.

Освещенность — плотность светового потока по освещаемой поверхности: $dE = d\Phi/dA$; $E_{ср} = \Phi/A$, где dE и $E_{ср}$ — освещенность участка поверхности dA и средняя освещенность поверхности A.

За единицу освещенности принят люкс (лк). Освещенность в 1 лк имеет поверхность на 1 м² которой падает и равномерно по ней распределяется световой поток в 1 лм.

Энергетическая яркость тела или участка его поверхности в направлении α — отношение силы излучения в направлении α к проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению (рис. 1.6):

$$L_{e\alpha} = dI_{e\alpha}/dA\cos\alpha; \quad L_{e\alpha ср} = I_{e\alpha}/\sigma,$$

где $L_{e\alpha}$ и $L_{e\alpha ср}$ — энергетические яркости участка поверхности dA и поверхности A в направлении α, проекции которых на плоскость, перпендикулярную этому направлению, соответственно равны $dA\cos\alpha$ и σ; $dI_{e\alpha}$ и $I_{e\alpha}$ — соответственно силы излучения, испускаемые dA и A в направлении α.

За единицу энергетической яркости Вт/(ср·м²) принимают энергетическую яркость плоской поверхности в 1 м², которая в перпендикулярном направлении испускает силу излучения в 1 Вт/ср. Эта единица названия не имеет.

Яркость в направлении α тела или участка его поверхности равна отношению силы света в направлении α к проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению,

$$L_\alpha = dI_\alpha/dA\cos\alpha; \quad L_{\alpha ср} = I_\alpha/\sigma,$$

где L_α и $L_{\alpha ср}$ — яркости участка поверхности dA и поверхности A в направлении α, проекции которых на плоскость, перпендикулярную этому направлению, соответственно равны $dA\cos\alpha$ и σ; dI_α, I_α — соответственно силы света, испускаемые поверхностями dA и A в направлении α.

За единицу измерения яркости кд/м² принята яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади в 1 м².

Эквивалентная яркость. В условиях сумеречного зрения относительная спектральная световая эффективность органа зрения зависит от уровня адаптации $V(\lambda, L)$ и занимает промежуточное положение между $V(\lambda)$ и $V'(\lambda)$ на рис. 1.3.

В этих условиях излучения различного спектрального состава, одинаковые по яркости для дневного зрения, будут для глаза разнояркими (эффект Пуркине), например, голубое будет ярче красного. В области сумеречного зрения используется понятие эквивалентной яркости.

Можно выбрать излучение определенного спектрального состава, для которого яркость на всех уровнях принимается пропорциональной мощности излучения. А. А. Гершун [1] предложил в качестве такого излучения, названного опорным, использовать излучение черного тела при температуре затвердевания платины. Излучение иного спектрального состава, равносветлое с опорным, будет иметь одинаковую с ним эквивалентную яркость, хотя стандартные яркости излучений будут различными. Эквивалентная яркость позволяет сравнивать различные излучения по их световому действию даже в условиях неопределенности функции относительной спектральной чувствительности.

1.4. ОПТИЧЕСКИЕ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛ

Преломлением излучения называется изменение его направления при переходе из одной прозрачной среды в другую (рис. 1.7).

Согласно закону преломления лучи — падающий и преломленный — лежат в одной плоскости с перпендикуляром к элементу преломляющей поверхности в точке падения луча, причем отношение синусов углов падения i и преломления j для рассматриваемых сред зависит только от длины волны излучения, но не зависит от угла падения, т. е.

$$\sin i/\sin j = n_{21}.$$

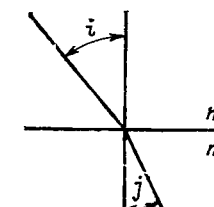


Рис. 1.7. К закону преломления.

Постоянная n_{21} называется относительным показателем преломления второй среды относительно первой.

Показатель преломления n среды относительно вакуума называют абсолютным показателем преломления среды. Он равен отношению скоростей распространения света в вакууме c_0 и в данной среде v:

$$n = c_0/v.$$

Относительный показатель преломления n_{21} выражается через абсолютные показатели первой и второй сред n_1 и n_2 соотношением

$$n_{21} = n_2/n_1.$$

Если $n_{21} < 1$, то при $\sin i/n_{21} > 1$ свет не выходит из среды, происходит полное внутреннее отражение — зер-

кальное отражение света от границы двух сред с коэффициентом отражения $\rho=1$. При полном внутреннем отражении угол i превосходит предельный угол $i_{пр}$, определяемый из соотношения

$$\sin i_{пр} = n_{21}.$$

Отражением называется возвращение излучения объектом без изменения длин волн его составляющих монохроматических излучений.

Имеют место следующие виды отражений:

а) зеркальное — без рассеяния отраженного потока (лучистого, светового) (рис. 1.8, *а*);

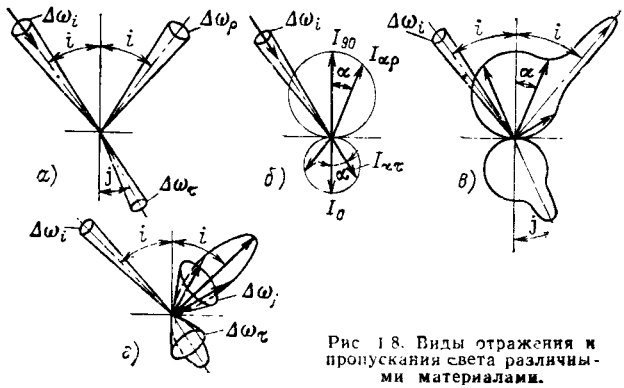


Рис 1.8. Виды отражения и пропускания света различными материалами.

при зеркальном отражении: 1) падающий и отраженный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром к элементу отражающей поверхности в точке падения луча; 2) угол падения луча равен углу отражения его; 3) закон квадратов расстояний для отраженного пучка соблюдается от источника света, а не от отражающей поверхности;

б) диффузное, при котором отраженный поток излучения (световой) рассеивается так, что энергетическая яркость (яркость) во всех направлениях полупространства одинакова (рис. 1.8, *б*);

в) смешанное — при котором наблюдается частично зеркальное и частично диффузное отражение (рис. 1.8, *в*):

г) направленно-рассеянное, при котором фотометрическое тело отраженных от участка поверхности сил света можно приближенно описать вытянутым эллипсоидом вращения (рис. 1.8, *г*), большая ось которого располагается в направлении зеркального отражения. При зеркальном отражении $\Delta\omega_i=\Delta\omega_\rho$, яркость в пределах телесного угла $\Delta\omega_\rho$ постоянна и равна $L_\rho=L_и\rho_з$, где $L_и$ — яркость в пределах телесного угла $\Delta\omega_i$.

В случае диффузного отражения (рис. 1.8, *б*)

$$\Delta\omega_i \ll \Delta\omega_\rho = 2\pi.$$

Яркость участка диффузно отражающей поверхности равна:

$$L = E\rho/\pi,$$

где L и E — яркость и освещенность поверхности, диффузно отражающей свет; ρ — ее коэффициент отражения.

Коэффициент яркости — отношение яркости освещенной поверхности к яркости идеального рассеивателя (идеальной поверхности) $L_{ид}$ с $\rho=1$, находящегося в тех же условиях освещения:

$$L_{ид} = E/\pi;$$

$$B_{\alpha\beta} = L_{\alpha\beta}/L_{ид}.$$

Коэффициент яркости зеркальной поверхности

$$B_{\alpha\beta} = \pi\rho_з L_и/E,$$

где $L_и$ — яркость источника, освещающего зеркальную поверхность; $\rho_з$ — зеркальный коэффициент отражения; E — освещенность зеркальной поверхности.

Коэффициент яркости направленно-рассеивающей свет поверхности с хаотически расположенными неровностями (выпуклости и вмятины) описывается в [1.1].

При смешанном отражении (рис. 1.8, *в*) индикатрису рассеяния можно разделить на две составляющие, одна из которых описывает диффузное отражение, другая — приближению зеркальное. Напомним, что индикатрисой называют функцию, выражающую зависимость от направления относительных значений фотометрической величины. Здесь этим термином обозначается индикатриса силы излучения (света).

Направленно-рассеянное отражение (рис. 1.8, *г*) характерно для металлических поверхностей после химической или пескоструйной матировки. Для таких поверхностей $\Delta\omega_i<\Delta\omega_\rho$. В пределах $\Delta\omega_\rho$ яркость участка отражающей поверхности не постоянна. Максимальная яркость наблюдается в направлении зеркального отражения.

Пропусканием называется прохождение излучения (света) сквозь среду без изменения длин волн составляющих его монохроматических излучений. Наблюдаются следующие виды пропускания: а) направленное — без рассеяния (рис. 1.8, *а*); б) диффузное — при котором прошедший поток излучения (световой) рассеивается так, что энергетическая яркость (яркость) во всех направлениях полупространства одинакова (рис. 1.8, *б*):

$$L_{e\tau} = E_e\tau_e/\pi = \text{const};$$

$$L_\tau = E\tau/\pi = \text{const},$$

где E_e, E — облученность и освещенность поверхности, на которую падает световой поток; $L_{e\tau}$ и L_τ — энергетическая яркость и яркость поверхности, пропустившей поток излучения и световой поток; τ_e и τ — коэффициенты пропускания слоя среды; в) смешанное — при котором наблюдается частично направленное и частично диффузное пропускание (рис. 1.8, *в*); г) направленно-рассеянное, при котором индикатриса сил света приближенно описывается вытянутым эллипсоидом вращения (рис. 1.8, *г*).

Монохроматический поток излучения $\Phi_e(\lambda, d\lambda)$, падающий на тело, делится на три части: отражению $\Phi_{e\rho}(\lambda, d\lambda)$, поглощенную $\Phi_{e\alpha}(\lambda, d\lambda)$ и прошедшую $\Phi_{e\tau}(\lambda, d\lambda)$. Отношения каждой из этих частей к падающему потоку называются соответственно спектральными коэффициентами отражения $\rho(\lambda)$, поглощения $\alpha(\lambda)$ и пропускания $\tau(\lambda)$. Очевидно, что $\rho(\lambda)+\alpha(\lambda)+\tau(\lambda)=1$. Интегральные коэффициенты отражения, поглощения и пропускания для потока излучения (ρ_e, α_e и τ_e) и светового потока (ρ, α и τ) описываются выражениями

$$\rho_e = \frac{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,d\lambda}{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,d\lambda}; \qquad \rho = \frac{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda}{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda};$$

$$\tau_e = \frac{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\tau(\lambda)\,d\lambda}{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,d\lambda}; \qquad \tau = \frac{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\tau(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda}{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda};$$

$$\alpha_e = \frac{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\alpha(\lambda)\,d\lambda}{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,d\lambda}; \qquad \alpha = \frac{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\alpha(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda}{\int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda},$$

где $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$ — спектральное распределение потока излучения; $\rho(\lambda)$; $\alpha(\lambda)$; $\tau(\lambda)$ — спектральные значения коэффициентов отражения, поглощения и пропускания.

Оптическая плотность среды $D=\lg(1/\tau)$. Поглощение монохроматического потока $\Phi_{e0}(\lambda, d\lambda)$ в слое среды описывается законом Бугера

$$\Phi_{ea\alpha}(\lambda, d\lambda)=\Phi_{e0}(\lambda, d\lambda)\exp(-a'x)=\Phi_{e0}(\lambda, d\lambda)\cdot 10^{-ax}$$

где a' и a — натуральный и десятичный показатели поглощения.

Спектральный коэффициент пропускания монохроматического излучения слоем среды толщиной $x\tau(\lambda)=\exp(-a'x)=10^{-ax}$. Спектральный коэффициент поглощения такого слоя $\alpha(\lambda)=1-10^{ax}$. Коэффициент отражения пучка лучей естественного света от поверхности диэлектрика описывается уравнениями Френеля

$$\rho=0{,}5(\rho_{\parallel}+\rho_{\perp}); \qquad \rho_{\parallel}=\frac{\operatorname{tg}^2(i-j)}{\operatorname{tg}^2(i+j)};$$

$$\rho_{\perp}=\frac{\sin^2(i-j)}{\sin^2(i+j)},$$

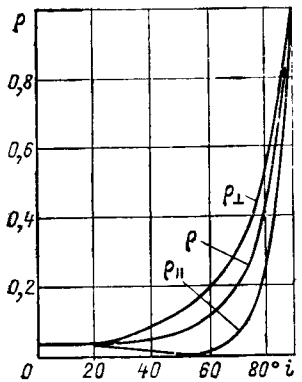


Рис. 1.9. Отражение света прозрачным диэлектриком. $i_Б=56°40'$ при $n_{21}=1{,}53$.

где i и j — углы падения и преломления пучка лучей; $\rho_{\parallel}$ и $\rho_{\perp}$ — коэффициенты отражения лучей, поляризованных в плоскости падения и в перпендикулярной ей (рис. 1.9). Принимают, что плоскость поляризации соответствует плоскости колебаний вектора напряженности электрического поля пучка лучей.

При $i_Б+j=90°$ отраженный пучок лучей полностью поляризован в плоскости падения, где $i_Б$ — угол Брюстера. Для него имеет место соотношение $\operatorname{tg} i_Б=n_{21}$ (закон Брюстера).

При перпендикулярном падении пучка лучей на границу двух прозрачных сред

$$\rho_0=(1-n_{21})^2/(1+n_{21})^2.$$

Коэффициент отражения незначительно меняется до угла падения, равного 45°. Можно считать, что $\rho_{45}\simeq\rho_0$.

Степень поляризации — отношение потока поляризованной части пучка лучей к потоку всего пучка:

$$\Delta_\rho=\frac{\rho_\perp-\rho_\parallel}{\rho_\perp+\rho_\parallel}; \qquad \Delta_\tau=\Delta_\rho\frac{\rho}{1-\rho},$$

где Δ_ρ и Δ_τ — степени поляризации отраженного и преломленного плоскопараллельной пластинкой из диэлектрика пучков лучей.

1.5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Изменение во времени величины x_t показано на рис. 1.10 и характеризуется: кривой мгновенных значений x_t (потока излучения или светового, силы излучения или силы света, освещенности или облученности, а также других величин).

Основные величины, применяемые для описания импульсного излучения, перечислены в табл. 1.3 (см. также п. 3.2.4).

Таблица 1.3. Энергетические и световые величины, характеризующие вспышку (импульс)

Наименование	Обозначение и формула	Единицы измерения
Лучистая энергия	$Q_e=\int_0^{t_в}\Phi_{et}\,dt$	Дж
Световая энергия	$Q=\int_0^{t_в}\Phi_t\,dt$	лм·с
Энергетическое освечивание	$\Theta_e=\int_0^{t_в}I_{et}\,dt$	Дж/ср[1]
Освечивание	$\Theta=\int_0^{t_в}I_t\,dt$	кд·с
Интеграл импульса энергетической яркости	$\int_0^{t_в}L_{et}\,dt$	Дж/(ср·м²)
Интеграл импульса яркости	$\int_0^{t_в}L_t\,dt$	кд·с/м²
Энергетическая экспозиция	$H_e=\int_0^{t_в}E_{et}\,dt$	Дж/м²
Экспозиция	$H=\int_0^{t_в}E_t\,dt$	лк·с
Интеграл импульса энергетической светимости	$\int_0^{t_в}M_{et}\,dt$	Дж/м²
Интеграл импульса светимости	$\int_0^{t_в}M_t\,dt$	лм·с/м²
Спектральная плотность энергетического освечивания	$\Theta_{e\lambda}=d\Theta_e\,d\lambda$	Дж/(ср·м²)

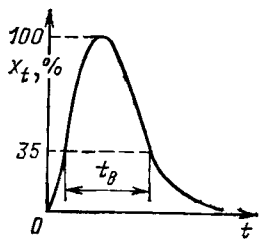


Рис. 1.10. Типичная зависимость изменения фотометрической величины импульсного источника света.

Длительность импульса (вспышка) — время $t_в$, в течение которого значение x_t, характеризующее вспышку, удовлетворяет неравенству $x_t\geqslant nx_{max}$, где x_{max} — максимальное значение за время вспышки параметра вспышки, например $I_{et\,max}$, $I_{t\,max}$, $E_{et\,max}$, $E_{t\,max}$ и др.; n — коэффициент, определяющий выбранную длительность вспышки, часто используется значение $n=0{,}35$; используются также длительности вспышки, определяемые при $n=0{,}1$ и $n=0{,}5$.

1.6. ЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕЛИЧИН ДЛЯ ОЦЕНКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Кванты УФ излучения, обладающие большой энергией, способны изменять химическую структуру отдельных клеток и тканей живых организмов (см. § 17.4).

Установлено, что УФ излучение с длинами волн от 280 до 400 нм оказывает полезное действие на организм человека, животных и птиц. При облучении их определенными дозами УФ излучения улучшаются дыхание, кровообращение, повышается содержание гемоглобина в крови, активизируется деятельность желез внутренней секреции, в организме образуется витамин D, укрепляется нервная система, ускоряется рост, снижается заболеваемость. Это благоприятное действие УФ излучения называют витальным действием. УФ излучение в диапазоне от 200 до 400 нм обладает бактерицидным

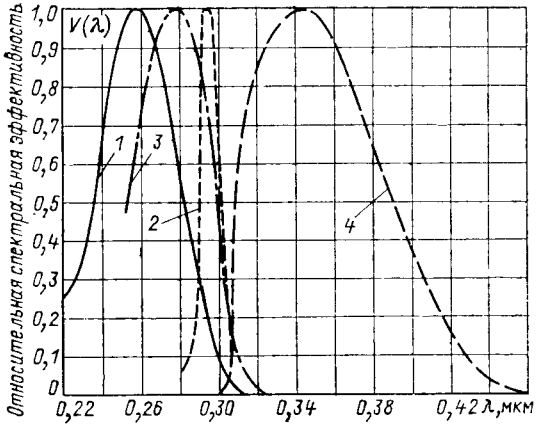


Рис. 1.11. Относительная спектральная эффективность в функции длины волны излучения.

1 — бактерицидная; *2* — витальная; *3* — антирахитная; *4* — загарная.

действием, т. е. способно в определенных условиях вызывать гибель бактерий. Однако действие УФ излучения не одинаково для монохроматических излучений различных длин волн, что показано на рис. 1.11. Например, благоприятное действие УФ излучения на организм человека может характеризоваться кривой витальной эффективности *2* на рис. 1.11, а бактерицидное действие — кривой *1*. Там же показаны кривые спектральной эффективности образования витамина D (кривая *3*) и эффективности безэритемной пигментации (кривая загарного действия *4*). На основе этих кривых были предложены эффективные системы величин — витальная и бактерицидная [1, 2], которые применяются в некоторых случаях для оценки действия излучения.

Витальный поток для излучения со сплошным спектром

$$\Phi_{\text{вит}} = \int_{280}^{400} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, s_{\text{вит}}(\lambda)\, d\lambda,$$

где $s_{\text{вит}}(\lambda)$ — функция витальной эффективности (вита-эффективности) излучения, вит/Вт.

За единицу витального потока — вит принят 1 Вт монохроматического излучения с длиной волны $\lambda = 297$ нм.

Бактерицидный поток излучения со сплошным спектром записывается в виде

$$\Phi_{\text{бк}} = \int_{200}^{400} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, s_{\text{бк}}(\lambda)\, d\lambda,$$

где $s_{\text{бк}}(\lambda)$ — функция бактерицидной эффективности излучения, бк/Вт.

Таблица 1.4. **Витальные и бактерицидные величины и единицы**

Витальные величины		
Определение	Обозначение	Единица
Витальный поток (вита-поток), мощность вита-излучения	$\Phi_{\text{вит}}$	вит
Витальная энергия	$Q_{\text{вит}}$	вит·ч
Витальная эффективность излучения	$s_{\text{вит}} = \dfrac{\Phi_{\text{вит}}}{\Phi_e}$	вит/Вт
Сила вита-излучения	$I_{\alpha\beta\,\text{вит}} = \dfrac{d\Phi_{\text{вит}}}{d\omega}$	вит/ср
Вита-яркость	$L_{\alpha\beta\,\text{вит}} = \dfrac{dI_{\alpha\beta\,\text{вит}}}{dA\cos\alpha}$	вит/(ср·м²)
Вита-экспозиция	$H_{\text{вит}} = \int_0^t E_{\text{вит}}\, dt$	вит·ч/м²
Вита-облученность	$E_{\text{вит}} = \dfrac{d\Phi_{\text{вит}}}{dA}$	вит/м²
Бактерицидный поток, мощность бактерицидного излучения	$\Phi_{\text{бк}}$	бк
Бактерицидная энергия	$Q_{\text{бк}}$	бк·ч
Бактерицидная эффективность излучения	$s_{\text{бк}} = \dfrac{\Phi_{\text{бк}}}{\Phi_e}$	бк/Вт
Сила бактерицидного излучения	$I_{\alpha\beta\text{бк}} = \dfrac{d\Phi_{\text{бк}}}{d\omega}$	бк/ср
Бактерицидная яркость	$L_{\alpha\beta\text{бк}} = \dfrac{dI_{\alpha\beta\text{бк}}}{dA\cos\alpha}$	бк/(ср·м²)
Бактерицидная экспозиция	$H_{\text{бк}} = \int_0^t E_{\text{бк}}\, dt$	бк·ч/м²
Бактерицидная облученность	$E_{\text{бн}} = \dfrac{d\Phi_{\text{бк}}}{dA}$	бк/м²

Единицей бактерицидного потока принято считать бакт (бк), численно равный бактерицидному потоку УФ излучения мощностью 1 Вт с длиной волны $\lambda = 254$ нм.

Величины и единицы витальной и бактерицидной систем величин приведены в табл. 1.4.

1.7. ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОВОГО ПОЛЯ

Световое поле — область пространства, в которой имеет место перенос световой энергии данного источника света (излучения) [1].

Общий вид интегральной характеристики светового поля согласно [1.3] определяется выражением

$$c = \int_{\omega} L_{\varphi\beta} f(\varphi, \beta)\, d\omega = \int_{\omega} f(\varphi, \beta)\, dE_{\text{н}},$$

где c — интегральная характеристика светового поля — средняя освещенность выбранной поверхности, расположенной в окрестности точки светового поля (размеры этой поверхности малы и отраженными потоками световое поле не искажают); $f(\varphi, \beta)$ — функция ценности излучения, определяющая эффективность излучения, поступающего от источника на выбранную поверхность; ω — телесный угол, окружающий точку, в которой определяется значение c; $dE_{\text{н}}$ — нормальная освещенность, создаваемая элементом источника света на пло-

щадке, расположенной перпендикулярно к направлению на этот элемент в исследуемой точке поля.

Функция ценности излучения $f(\varphi, \beta)$ зависит от положения элемента источника, освещающего выбранную поверхность, и формы этой поверхности:

$$f(\varphi, \beta) = \Delta\sigma/\Delta A,$$

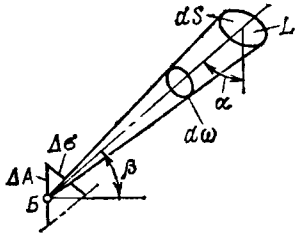


Рис. 1.12. К освещенности участка плоской поверхности.

где $\Delta\sigma$ — проекция выбранной поверхности на плоскость, перпендикулярную к направлению от элемента источника к данной точке поля; ΔA — площадь поверхности, средняя освещенность которой определяется.

В настоящее время используются следующие интегральные характеристики светового поля.

1. Освещенность E участка плоскости ΔA. В этом случае функция ценности излучения (рис. 1.12) $f(\beta) = \Delta\sigma/\Delta A = \cos\beta$; освещенность участка поверхности ΔA в окрестности точки $Б$ $E_Б = \int \cos\beta\, dE_н$, где $0 \leqslant \beta \leqslant \pi/2$.

2. Пространственная освещенность E_0 — сумма нормальных освещенностей в данной точке поля [8]. Очевидно, что

$$f(\beta) = 1; \qquad E_0 = \int_{\omega} dE_н.$$

3. Средняя сферическая освещенность $E_{4\pi}$ — средняя освещенность поверхности сферы исчезающе малого радиуса r [1.3]:

$$f(\beta) = \pi r^2/4\pi r^2 = 1/4;$$

$$E_{4\pi} = E_0/4.$$

4. Средняя полусферическая освещенность $E_{2\pi}$ — средняя освещенность сферической поверхности полусферы исчезающе малого радиуса r [1.3] (рис. 1.13, *а*):

$$f(\beta) = \frac{\pi r^2}{4\pi r^2}(1 + \cos\beta) = (1 + \cos\beta)/4;$$

$$E_{2\pi} = \frac{1}{4}\int_{\omega}(1 + \cos\beta)\, dE_н = E_{4\pi} \pm E_{осн}/4,$$

где $E_{осн}$ — освещенность основания полусферы, при этом знак + берется для $0 \leqslant \beta \leqslant \pi/2$ и знак — для $\pi/2 < \beta \leqslant \pi$.

За ориентацию средней полусферической освещенности принимают положение основания полусферы.

5. Для оценки насыщенности светом помещения используется средняя цилиндрическая освещенность с вертикальной ориентацией оси цилиндра. Под средней цилиндрической освещенностью понимают среднюю освещенность боковой поверхности цилиндра с исчезающе малыми размерами d и h [1.4]. Функция ценности (рис. 1.13, *б*)

$$f(\beta) = \frac{h\, d\cos\beta}{\pi dh} = \frac{\cos\beta}{\pi};$$

$$E_ц = \frac{1}{\pi}\int_{\omega}\cos\beta\, dE_н.$$

За ориентацию $E_ц$ принимают положение оси цилиндра.

В каждой точке светового поля можно определить световой вектор, модуль которого численно равен максимальной разности освещенности двух сторон площадки, расположенной в данной точке светового поля; проекция этого вектора на любое направление численно равна

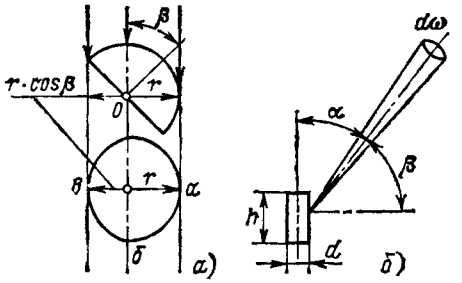


Рис. 1.13. К понятиям средней полусферической (*а*) и средней цилиндрической (*б*) освещенностей.

разности освещенности двух сторон площадки, помещенной в данной точке поля перпендикулярно этому направлению. Световой вектор определяет в точке поля значение и направление переноса световой энергии в единицу времени через единицу площади, расположенной перпендикулярно к световому вектору.

А. А. Гершун ввел понятие вектора телесного угла. Вектор бесконечно малого телесного угла $d\vec{\omega}$ направлен, как указано на рис. 1.14. Модуль его $|d\vec{\omega}| = d\omega$. Вектор телесного угла $\vec{\omega} = \int_{\omega} d\vec{\omega}$. Используя понятие вектора телесного угла, световой вектор можно описать выражением

$$\vec{\varepsilon} = \int_{\omega} L_{\varphi\beta}\, d\vec{\omega},$$

где $L_{\varphi\beta}$ — яркость в пределах телесного угла $d\omega$.

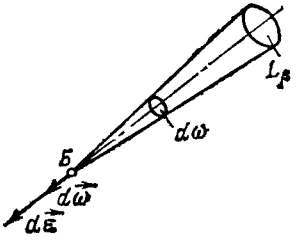


Рис. 1.14. К понятиям вектора телесного угла и светового вектора.

Обычно световой вектор определяется по проекциям его на ортогональные координатные оси, причем проекции численно равны разностям освещенностей соответствующих координатных плоскостей.

Модуль светового вектора равен $|\vec{\varepsilon}| = \sqrt{\varepsilon_x^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_z^2}$, а его направление определяется направляющими косинусами

$$\cos\left(\widehat{\vec{\varepsilon}, \vec{x^\circ}}\right) = \varepsilon_x/|\vec{\varepsilon}|; \qquad \cos\left(\widehat{\vec{\varepsilon}, \vec{y^\circ}}\right) = \varepsilon_y/|\vec{\varepsilon}|;$$

$$\cos\left(\widehat{\vec{\varepsilon}, \vec{z^\circ}}\right) = \varepsilon_z/|\vec{\varepsilon}|.$$

где ε_x, ε_y и ε_z — проекции светового вектора на координатные оси.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Гуторов М. М., Румянцева М. Н. К определению коэффициента яркости поверхности со следами обработки. — Светотехника, 1971, № 6, с. 12—13.

1.2. Излучение ультрафиолетовое. Величины и единицы. Термины и определения. Руководящий технический материал. РТМ.3-381-73, 1974.

1.3. Гершун А. А. Световое поле от поверхностных излучателей равномерной и неравномерной яркостей. — Тр. ГОИ, 1928, т. 4, вып. 38, с. 10—19.

1.4. Гуторов М. М. Средняя цилиндрическая освещенность. — Светотехника, 1963, № 10, с. 10—13.

Раздел второй

ФУНКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ЗРЕНИЯ

2.1. УСТАНОВИВШИЕСЯ ЗРИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

Преобразование излучения в зрительное ощущение является сложным процессом, состоящим из ряда этапов, каждый из которых обладает конечной длительностью. Конечная длительность элементарных актов преобразования излучения в ощущение определяет инерционность зрительного анализатора [2.1]. Временные характеристики зрительного процесса определяются также изменением чувствительности анализатора при переходе от одного уровня возбуждения на другой. Эти

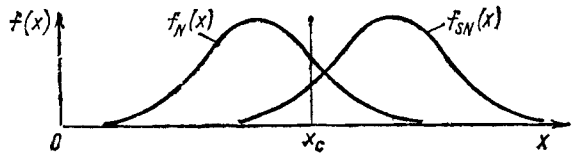


Рис. 2.1. Распределение плотности вероятности нервной активности.

свойства зрительного анализатора приводят к сложной нелинейной зависимости между уровнем зрительного ощущения — светлотой и яркостью излучения, действующего на глаз. Однако в случае достаточно длительного действия на глаз постоянных по яркости и спектральному составу излучений наблюдается стабильное взаимно-однозначное соотношение между уровнями ощущения и возбуждения. При этом в условиях дневного и ночного зрения светлота будет определяться функциями относительной спектральной чувствительности глаза (см. рис. 1.3), а в условиях сумеречного зрения — эквивалентной яркостью (см. разд. 1).

Абсолютным порогом или пороговой яркостью называют минимальную яркость объекта $L_{пор}$, обеспечивающую его обнаружение с заданной вероятностью p на фоне с коэффициентом отражения $\rho_ф=0$ или появление (исчезновение) объекта на том же фоне.

Зависимость абсолютного порога $L_{пор}$ от телесного угла круглого пятна описывается выражением [6]

$$L_{пор}\,\omega = L_{пор,м}\left(0{,}047+\sqrt{\omega}\right)^2,$$

где $L_{пор}$ — пороговая яркость пятна, заключенного в пределах телесного угла ω; ω — телесный угол, ср; $L_{пор,м}$ — пороговая яркость пятна, для которого $\omega \geqslant 0{,}8$ ср ($L_{пор,м}=10^{-6}$ кд/м^2).

Пороговый блеск — освещенность зрачка ($E_{п.бл}$), создаваемая точечным источником света ($\alpha \leqslant 15'$), впервые обнаруживаемым с данной вероятностью p на фоне с яркостью, близкой к нулю. Пороговый блеск не зависит от размера пятна:

$$E_{п,бл} \approx 2{,}2\cdot 10^{-3} L_{пор,м}.$$

Если объект находится на освещенном фоне, то минимальную разность яркостей $\Delta L_{пор}$ объекта L_o и фона $L_ф$, обеспечивающую обнаружение объекта с заданной вероятностью p или появление (исчезновение) объекта, называют *разностным порогом* (пороговой разностью яркостей); при $L_o > L_ф$ и $L_p < L_ф$ соответственно

$$\Delta L_{пор} = \pm\,(L_o - L_ф).$$

Дифференциальным порогом или *пороговым контрастом* называют отношение пороговой разности яркости к яркости фона

$$K_{пор} = \Delta L_{пор}/L_ф.$$

Величина, обратная пороговой разности яркости, называется *контрастной чувствительностью*.

Задачу обнаружения объекта на фоне с яркостью $L_ф$ можно рассматривать как выделение сигнала из шума. При этом шум создается как квантовыми флуктуациями светового потока, так и собственными шумами зрительной системы (спонтанное разложение зрительных пигментов в фоторецепторах, спонтанные разряды в нервных волокнах и т. д.) и присутствует всегда, а сигнал может быть или не быть [2.2; 2.3]).

На рис. 2.1 кривая $f_N(x)$ описывает распределение плотности вероятности, с которой спонтанное шумовое возбуждение нервной активности достигает того или иного значения, кривая $f_{SN}(x)$ — то же в случае смеси сигнала и шума.

При размерах объекта, бо́льших размера зоны суммации, и неограниченном времени предъявления и наблюдения можно пренебречь квантовыми флуктуациями световых потоков и учитывать лишь статистическую природу наблюдателя. В этом случае обе кривые $f_{SN}(x)$ и $f_N(x)$ подчиняются одному и тому же нормальному (гауссовому) закону, но кривая $f_{SN}(x)$ сдвинута относительно кривой $f_N(x)$ вправо на определенное значение, соответствующее яркости объекта.

Для принятия решения наблюдатель пользуется критерием x_c, т. е. эталоном яркости объекта, запечатленным в памяти наблюдателя, с которым сравнивается каждое приходящее возбуждение. Положение критерия зависит от метода измерения порогов, инструкций наблюдателя, априорной вероятности появления объектов и т. д.

Для определения порогов используются в основном два метода их измерения: метод пределов и метод постоянных стимулов.

В. В. Мешков [6] предложил, разрабатывая метод пределов, следующие выражения для расчета порого-

Таблица 2.1. **Параметры a и b**

Угловой размер объекта	Яркость фона $L_ф$, кд/м²							
	$0,1<L_ф<1$		$1<L_ф<10$		$10<L_ф\leqslant100$		$100<L_ф\leqslant10^3$	
	a	b	a	b	a	b	a	b
0,5′	0,33	0,19	0,5	0,19	0,69	0,29	0,85	0,6
1,0′	0,35	0,69	0,51	0,69	0,71	1,11	0,86	2,24
2,0′	0,38	2,4	0,53	2,4	0,72	3,67	0,87	7,4
4,0′	0,43	7,25	0,56	7,25	0,74	11,0	0,88	20,8
10′	0,51	25,0	0,65	25,0	0,76	32,7	0,90	60,5
20′	0,59	47,8	0,71	47,8	0,80	66,0	0,91	115
40′	0,67	73,0	0,76	73,0	0,81	95,5	0,92	158
100′	0,75	99,5	0,80	99,5	0,84	128	0,93	194

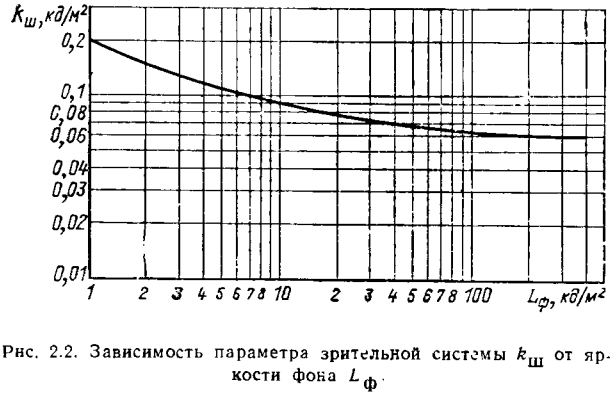


Рис. 2.2. Зависимость параметра зрительной системы $k_ш$ от яркости фона $L_ф$.

вой разности яркости (порогового контраста) по обнаружению объекта в виде круга:

$$\Delta L_{пор} = L_ф^a/b \text{ или } K_{пор} = L_ф^{a-1}/b, \qquad (2.1)$$

где a и b — параметры, зависящие от углового размера α и яркости фона $L_ф$.

Параметры этого уравнения для темного объекта на светлом фоне приведены в табл. 2.1.

Пороговая разность яркости при обнаружении объекта в виде круга на равноярком фоне по методу постоянных стимулов в общем случае определяется следующим образом:

$$\Delta L^{п.с}_{пор} = \left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right) c_1, c_2, c_3, c_4, c_5,$$

где $\Delta L^{пр}_{пор0,5}$ — пороговая разность яркости при обнаружении по методу пределов неподвижного круга с вероятностью $p=0,5$; c_1 — коэффициент перехода от метода пределов к методу постоянных стимулов; c_2—c_5 — коэффициенты, учитывающие: вероятность обнаружения (c_2); влияние скорости движения объектов (c_3); влияние поиска на сложность зрительной задачи (c_4); влияние удаленности места появления объекта от центра поля зрения при постоянном размере поля поиска (c_5).

Пороговая разность яркости $\Delta L^{пр}_{пор0,5}$ при обнаружении по методу пределов неподвижного круга определяется по следующим выражениям [2.4]:

$$\Delta L^{пр}_{пор0,5} = L_ш\left(10^{1/0,9\alpha} - 1\right) \text{ при } 16' \geqslant \alpha \geqslant 1,$$

где α — угловой размер диаметра круга; $L_ш$ — параметр зрительной системы, пропорциональный средней мощности шума, кд/м²; $L_ш = k_ш L_ф$; $k_ш = f(L_ф)$ (рис. 2.2);

$$\left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_{\alpha<1'} = \left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_{\alpha=1'}/\alpha^2$$

при $0,5'<\alpha<1'$;

$$\left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_{\alpha>16'} = \left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_{\alpha=16'} \sqrt{16/\alpha}$$

при $60' > \alpha > 16'$,

где α — исследуемый угловой размер диаметра круга.

На рис. 2.2 приведена зависимость параметра $k_ш$ от яркости фона $L_ф$. При бинокулярном наблюдении и изменении $L_ф$ от 2 до 1000 кд/м² зависимость на рис. 2.2 можно аппроксимировать следующим выражением:

$$L_ш = 0,2L_ф/(1 + \lg L_ф).$$

При монокулярном наблюдении значения $L_ш$ увеличиваются в $\sqrt{2}$ раз по сравнению с бинокулярным наблюдением.

Пороговая разность яркости по обнаружению прямоугольников

$$\left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_{l,d} = \sqrt{\left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_l \left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_d},$$

где $\left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_l$ и $\left(\Delta L^{пр}_{пор0,5}\right)_d$ — пороговая разность яркости по обнаружению кругов, диаметры которых равны α_l и α_d; l, d — угловая длина и ширина прямоугольника [2.5].

Коэффициент c_1 перехода от метода пределов к методу постоянных стимулов приведен в табл. 2.2 при различных инструкциях наблюдателю и априорных вероятностях наличия объекта p_a. С помощью коэффициента c_1 получаем при методе постоянных стимулов $\Delta L^{п.с}_{пор0,5}$ для вероятности обнаружения $p=0,5$. В табл. 2.2 указаны также значения вероятности ложных тревог $p_{л.тр}$, т. е. вероятности утверждения, что объект обнаружен, хотя на самом деле он не предъявлялся.

Таблица 2.2. **Параметры модели работы зрительной системы при методе постоянных стимулов**

Параметр	Инструкция				
	Опасны пропуски	Опасны пропуски и ложные тревоги			Опасны ложные тревоги
p_a	0,5	0,35	0,5	0,75	0,5
$p_{л.тр}$	0,34	0,098	0,14	0,21	0,04
c_1	0,138	0,430	0,360	0,270	0,585
$\sigma_{отн}$	2,44	0,775	0,925	1,21	0,57

Если установившийся уровень ложных тревог $p_{л.тр}$ отличается от значений, приведенных в табл. 2.2, то коэффициент $c_1 = t/3$, где t находится по таблицам нормальной функции распределения с параметрами $m=0$ и $\sigma=1$ при $\Phi^* = 1 - p_{л.тр}$.

Коэффициент c_2, учитывающий вероятность обнаружения, оценивается соответственно для $p>0,5$ и $p<0,5$ по выражению $c_2 = 1 \pm \sigma_{отн} t$, где t для заданной вероятности обнаружения p определяется по таблицам нормальной функции распределения с параметрами $m=0$ и $\sigma=1$; $\sigma_{отн}$ — относительное среднеквадратичное отклонение.

В табл. 2.2 приведены значения $\sigma_{отн}$ для некоторых экспериментальных параметров.

При изменении скорости V движения объекта от 2 до 25 град/с для объектов с $l/d<2$ изменение пороговой разности яркости оценивается коэффициентом $c_3 = 0,54 + 0,23\ V$, где V — скорость движения, град/с.

При $V=0 \div 2$ град/с коэффициент $c_3 \approx 1$. Влияние поиска на сложность зрительной задачи оценивается коэффициентом

$$c_4 = 1 + b_1 \gamma,$$

где 2γ — размер поля поиска; $b_1=0{,}06$ град$^{-1}$ для $\gamma=5°$ при неограниченном времени предъявления объекта.

При постоянном размере поля поиска пороговая разность яркости увеличивается в c_5 раз с увеличением расстояния φ от центра поля зрения до возможного места появления объекта:

$$c_5 = 1 + b_2\varphi,$$

где φ — расстояние от центра поля зрения до возможного места появления объекта; $b_2=0{,}087$ 1/град для $\varphi=5°$.

Острота зрения — способность органа зрения воспринимать раздельно две точки, линии, квадраты или иные фигуры, расположенные очень близко друг к другу (в угловой мере). Количественно острота зрения оценивается значением, обратным значению предельно малого угла (обычно в угловых минутах) между двумя объектами (точками, линиями), которые еще воспринимаются раздельно.

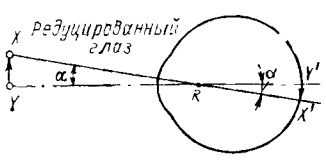


Рис 2.3. К определению остроты зрения.

Острота зрения $v=1/\alpha$, где α — разрешающий угол, т. е предельно малый угол, при котором точки (линии) воспринимаются раздельно (рис. 2.3). При $\alpha=1'$ $v=1$.

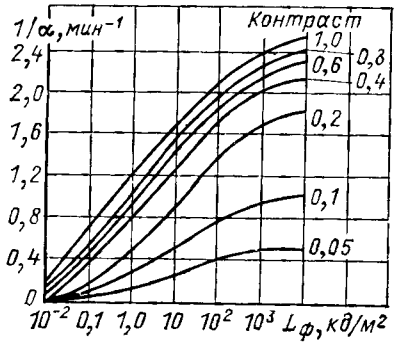


Рис. 2.4. Зависимость остроты зрения от яркости фона L_Φ и контраста объекта с фоном K.

Острота зрения зависит от диаметра зрачка, который влияет на четкость границ изображения предмета на сетчатке глаза. Размытость границ вызывается сферической аберрацией, которая растет с увеличением диаметра зрачка. С уменьшением диаметра зрачка резкость изображения также ухудшается за счет появления на сетчатке дифракционных колец. Максимальная острота зрения наблюдается при диаметре зрачка 3—4 мм.

Хроматическая аберрация ухудшает остроту зрения. При освещении монохроматическим излучением острота зрения повышается и достигает максимума при желтом излучении с $\lambda=580$ нм.

Зависимость остроты зрения от яркости фона и контраста объекта с фоном $(L_o-L_\Phi)/L_\Phi$ приведена на рис. 2.4 по данным [4].

Зависимость остроты зрения от яркости фона для кольца Ландольта с отрицательным контрастом описывается эмпирическими уравнениями [5]

$$v = 0{,}1 + 0{,}49 \lg L_\Phi;$$

$$v = v_{max} L_\Phi \left(0{,}28 + \sqrt[3]{L_\Phi}\right)^{-3},$$

где v_{max} — максимальное значение остроты зрения для исследуемого объекта.

Оба уравнения применимы для решения зрительных задач с вероятностью $p=0{,}5\div0{,}6$. На рис. 2.5 показано влияние формы тест-объекта на разрешающий угол при одинаковых контрасте объекта с фоном и яркости фона.

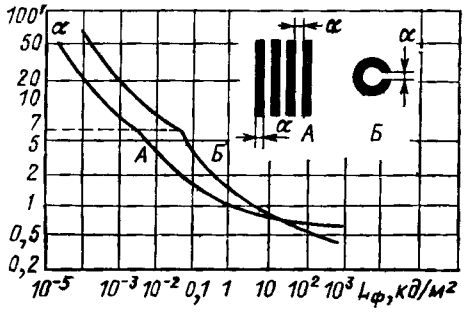


Рис. 2.5. Влияние формы объекта на разрешающий угол α.

Видимость объекта — отношение контраста объекта наблюдения с фоном к его пороговому контрасту. Видимость измеряется числом порогов и характеризует способность зрительного анализатора обнаруживать объекты наблюдения без различения их формы или опознания объектов, т. е. отношения к определенному классу.

Видимость объекта наблюдения

$$V_{вид} = K/K_{пор},$$

где K и $K_{пор}$ — контраст с фоном и пороговый контраст объекта наблюдения с вероятностью обнаружения $p=0{,}5$.

Видимость одноцветного с фоном объекта предлагается оценивать следующим выражением [11]:

$$V_{вид} = \lg(10K/K_{пор}). \qquad (2.2)$$

Максимальное значение видимости объекта будет иметь место при таких условиях освещения, когда он имеет минимальный пороговый контраст:

$$V_{видmax} = \lg(10K/\xi_\alpha),$$

где ξ_α — минимальное значение порогового контраста при соответствующей ему яркости $L_{опт}$.

Для оценки условий освещения рекомендуется пользоваться относительной видимостью

$$V_o = V_{вид}/V_{видmax}. \qquad (2.3)$$

Определение видимости объекта с заданной вероятностью обнаружения p проводится по пороговому контрасту, найденному с такой же вероятностью обнаружения.

2.2. НЕУСТАНОВИВШИЕСЯ ЗРИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ЗРИТЕЛЬНОЕ УТОМЛЕНИЕ И ДИСКОМФОРТ

Адаптация — приспособление глаза к изменившимся условиям освещения. Благодаря механизму адаптации зрительная система обладает способностью работать в широком диапазоне освещенностей зрачка. Различают два вида адаптации — темновую и световую.

Темновая адаптация — приспособление глаза к работе в условиях низких яркостей поля зрения. Темновая адаптация происходит при понижении яркостей в поле зрения, т. е. при переходе от условий дневного зрения к условиям ночного зрения.

Световая адаптация — приспособление глаза к работе в условиях высокой яркости поля зрения. Световая адаптация происходит при повышении яркостей в поле зрения.

Продолжительность темновой адаптации 1—2 ч, световой 5—10 мин.

Процесс адаптации сопровождается фотохимическими и нервными процессами, перестройкой рецептивных полей в сетчатке глаза, изменением диаметра зрачка (зрачковый рефлекс). При яркостях в поле зрения от 150—200 кд/м² адаптация определяется в основном фотохимическими и нервными процессами и перестройкой рецептивных полей, роль зрачкового рефлекса невелика. При яркостях поля зрения от 150—200 до 1500 кд/м² фотохимические и нервные процессы становятся второстепенными, а зрачковый рефлекс становится основным фактором, определяющим адаптацию. При яркостях, больших 1500 кд/м², зрачок максимально сужен и глаз быстро утомляется. В основе фотохимических процессов лежит изменение концентрации зрительного пурпура в фоторецепторах сетчатки. Под действием света происходит распад молекул зрительного пигмента фоторецепторов.

При световой адаптации скорость распада зрительного пигмента превышает скорость восстановления. В конце адаптационного периода наступает равновесие. В процессе темновой адаптации скорость реакции восстановления значительно превышает скорость реакции распада зрительного пигмента до тех пор, пока концентрация зрительного пигмента не достигает максимума.

Зрительная индукция. Действие побочных световых раздражителей, приводящее к усилению или ослаблению эффекта прямого раздражителя, называется индукцией. Усиление светового эффекта прямого раздражителя — явление положительной индукции; ослабление светового эффекта прямого раздражителя — отрицательная индукция. Примером отрицательного индуктивного действия является снижение функции зрения при неравномерном распределении яркости в поле зрения, а также при наличии в поле зрения ярких источников. Последнее принято называть *ослепленностью.*

Снижение зрительных функций при повышенной яркости периферии поля зрения по сравнению с яркостью его центральной части принято объяснять возникновением *вуалирующей пелены.*

Согласно [6] отношение пороговых разностей яркостей при наличии и отсутствии в поле зрения блеского источника

$$(\Delta L_{\text{пор}})_s/\Delta L_{\text{пор}} = (L_{\text{ад}} + \beta)/L_{\text{ад}},$$

где $\Delta L_{\text{пор}}$ — пороговая разность яркости объекта и фона по обнаружеиию объекта на фоне равномерной яркости; $(\Delta L_{\text{пор}})_s$ — то же при наличии в поле зрения блеского источника; $L_{\text{ад}}$ — яркость адаптации (см. ниже); β — яркость вуалирующей пелены.

Отношение пороговых разностей яркостей при наличии в поле зрения блескового источника $(\Delta L_{\text{пор}})_s$ и при равномерном распределении яркости в поле зрения $(\Delta L_{\text{пор}})$ принято называть *коэффициентом ослепленности* [6]

$$S = (\Delta L_{\text{пор}})_s/\Delta L_{\text{пор}} = 1 + \beta/L_{\text{ад}}. \qquad (2.4)$$

Часто пользуются *показателем ослепленности*

$$P = (S - 1)\cdot 10^3. \qquad (2.5)$$

Яркость вуалирующей пелены β, создаваемой точечным излучателем, определяется выражением

$$\beta = mE_{\text{зр}}/\theta^2, \qquad (2.6)$$

где $E_{\text{зр}}$ — освещенность, создаваемая блеским источником в плоскости зрачка глаза наблюдателя, лк; Θ — угол действия блескости (угол между линией зренпя и лучом от блеского источнпка по направлению к глазу наблюдателя), град; m — постоянный коэффициент, зависящий от яркости блеского источника [5]. При яркости $L = 10^6$ кд/м² (светильиики с ЛН, МГЛ и НЛВД) $m = 9{,}46$; при $5\cdot 10^3$ кд/м² $< L \leqslant 10^6$ кд/м² (светильники с вышеуказанными лампами, перекрытые рассеивателями; светильиики с ЛЛ и ДРЛ) $m = 3 \lg L_\theta - 8{,}54$, где L_θ — яркость блеского источника в направлеиии к глазу наблюдателя, кд/м².

Результирующее значение яркости вуалирующей пелены от одновременно действующих блеских источников не подчиняется закону аддитивности. При лампах накаливания [2.6]

$$\beta_\Sigma = \left[\sum_{i=1}^{n} \beta_i^{3/2}\right]^{2/3}, \qquad (2.7)$$

где β_i — яркость вуалирующей пелены, создаваемая точечным источником; n — число блеских источников.

Нормирование и расчет показателя ослепленности приведены в разд. 8 и 9.

Другим примером отрицательного иидуктивного действия является *явление дискомфорта,* классифицируемое как ощущение неудобства или напряженности, возникающее при неудовлетворительном распределении яркости в освещаемом пространстве [6]. При этом снижении зрительиых функций не обязательно, нарушаются только условия комфортности зрения, наиболее проявляющиеся со временем: длительное пребывание в условиях, вызывающих ощущение дискомфорта, приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, а также может привести к зрительному и общему утомлению.

Согласно рекомендациям МКО количественный критерий субъективного ощущения дискомфорта, вызванного одиночным блеским источником, может быть выражен уравнением

$$G = L_c^a\, \omega_c^b \,/\, L_{\text{ад}}^c f(\theta),$$

где L_c — яркость блеского источника в направлении глаза наблюдателя, кд/м²; ω_c — телесный угол блеского источника, ср; $L_{\text{ад}}$ — яркость окружающего поля адаптации, кд/м²; $f(\theta)$ — функция, в основном определяемая расположением блеского источника; a, b, c — показатели степени, зависящие от методов, принятых для оценки дискомфорта в разных странах (см. гл. 8, 9).

При совокупном действии n блеских источников суммарное ощущение дискомфорта определяется по формуле

$$G_\Sigma = \left[\sum_{i=1}^{r} G_i^{1/d}\right]^d,$$

где d зависит от принятого метода оценкн.

О дискомфорте см. также в разд. 8 и 9.

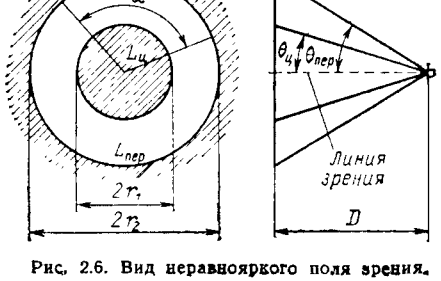


Рис. 2.6. Вид неравнояркого поля зрения.

Яркость адаптации. Понятие зрительной адаптации часто относят к заключительной фазе адаптационного процесса. В этом случае принято говорить о яркости адаптации. При неравномерном распределении яркости в поле зрения яркость адаптации $L_{ад}$ определяется яркостью равнояркого фона $L_ф$, для которого $\Delta L_{пор}$ равна $\Delta L_{пор\,S}$ при неравнояркой поле зрения.

Для полей со схематическим распределением яркости по двум зонам поля зрения, центральной и периферической, представленным на рис. 2.6, яркость адаптации при $\theta_ц > 3 \div 5°$ определяется следующим образом [2.7]:

$$L_{ад} = L_ц + 2{,}5 \cdot 10^{-2} (L_{пер} - L_ц)\, \varphi(\theta)_{\theta_i}^{\theta_z}$$

для $1 \leqslant L_{пер}/L_ц \leqslant 10$;

$$L_{ад} = L_ц + \left[0{,}23 L_ц + 7 \cdot 10^{-3} (L_{пер} - 10 L_ц)\right] \varphi(\theta)_{\theta_i}^{\theta_z}$$

для $10 < L_{пер}/L_ц < 100$,

где $L_ц$ — яркость центральной части поля зрения, кд/м²;

$L_{пер}$ — яркость периферической части поля зрения, кд/м²;

θ — размер центральной части поля зрения, град.

В табл. 2.3 приведены значения функции $\varphi(\theta)_{\theta_i}^{\pi/2}$ для различных начальных углов θ_i.

Таблица 2.3. **Значения функции $\varphi(\theta)_{\theta_i}^{\pi/2}$**

θ_i	$\varphi(\theta)_{\theta_i}^{\pi/2}$	θ_i	$\varphi(\theta)_{\theta_i}^{\pi/2}$	θ_i	$\varphi(\theta)_{\theta_i}^{\pi/2}$
1°	5,76	14	1,88	40	0,482
2	4,76	16	1,69	45	0,378
4	3,75	18	1,51	50	0,266
6	3,25	20	1,36	60	0,130
8	2,72	25	1,06	70	0,050
10	2,38	30	0,812	80	0,037
12	2,11	35	0,681		

Для $L_{пер}/L_ц > 1$ ($L_ц \leqslant 100 \div 200$ кд/м²; $L_{пер} \leqslant 1000$ кд/м²) при $0{,}5° < \theta_ц < 3 \div 5°$

$$L_{ад} = L_ц + (L_{пер} - L_ц)(1 - K_1) + \beta,$$

где β — яркость вуалирующей пелены, кд/м²; для круглых полей яркость вуалирующей пелены [10] $\beta = 2{,}81 \cdot 10^{-3} (L_{пер} - L_ц) \cdot 2\pi \cdot 1{,}5 \varphi(\theta)_{\theta_i}^{\theta_z}$ [$\varphi(\theta)$ определяется по табл. 2.3; $L_ц$, $L_{пер}$ — яркости центральной и периферической частей поля зрения, кд/м²]; K_1 — параметр модели работы зрительной системы, учитывающий индуктивное влияние светлой периферии,

$$K_1 = \theta_ц / \sqrt{1 + \theta_ц^2}.$$

Для $L_{пер}/L_ц < 1$ при $0{,}3° < 0_ц < 0{,}5°$:

$$L_{ад} = L_ц \cdot 0{,}5/\theta_ц + (L_{пер} - L_ц)(1 - K_1) + \beta.$$

При $0{,}5° < \theta_ц < 10°$:

$$L_{ад} = L_ц + (L_ц - L_{пер})\, K_2.$$

При $0_ц > 10°$: $L_{ад} = L_ц$,

где K_2 — параметр модели работы зрительной системы, учитывающий индуктивное влияние темной периферии,

$$K_2 = 1 / \sqrt{1 + \theta_ц^2}.$$

При $\theta_ц < 0{,}5°$ и $1 > L_{пер}/L_ц > 0{,}1$ яркость адаптации можно определять по выражению $L_{ад} = L_ц + (L_ц - L_{пер}) K_2$ [2.8].

2.3. ЗРИТЕЛЬНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

Зрительная работоспособность (ЗР) — способность выполнять зрительную работу и поддерживать высокую степень мобилизации зрительных функций. Зрительная работоспособность определяет возможность органа зрения совершать какую-либо работу за определенный промежуток времени и влияет на производительность труда и качество работы, может оцениваться состоянием различных функций: критической частотой слияния мельканий, остротой зрения, быстротой различения, видимостью, временным порогом адиспаропии (см. далее) и т. д.

Для оценки ЗР η используется произведение быстроты различения $1/t$ на вероятность p правильного опознания формы объекта наблюдения кольца Ландольта (по Вестону)

$$\eta = p/t, \qquad (2.8)$$

где t — время различения объекта наблюдения, с.

Орган зрения обладает зрительной инерцией, поэтому зрительное ощущение отстает от светового раздражения, его вызывающего, и не исчезает сразу после прекращения действия светового раздражителя. Источник излучения (поле сравнения) с яркостью, изменяющейся во времени или постоянной по величине, но возникающей кратковременными вспышками, характеризуется эффективной яркостью $L_{эф}$ [2.1].

Эффективная яркость — яркость источника (поля сравнения) с постоянной яркостью, светлота которого в данный момент равна светлоте источника (поля сравнения) с переменной во времени яркостью. Для определения численного значения эффективной яркости используют функцию зрительной инерции (функцию затуханий зрительного ощущения) $f(t)$. Эффективную яркость $L_{эф}$ описывают выражением

$$L_{эф} = c \int_0^\infty L_t f(t)\, dt,$$

где L_t — мгновенное значение яркости; c — коэффициент пропорциональности.

При $L_t = L = \text{const} = L_{эф}$.

$$1/c = t_{эф} = \int_0^\infty f(t)\, dt,$$

где $t_{эф}$ — *время инерции зрения* (время сохранения зрительного ощущения).

Зрительную инерцию предложено описывать следующей функцией [2.1]:

$$f(t) = \exp(-t/t_{эф}).$$

На основании экспериментальных исследований порогового блеска проблесковых источников излучения, проведенных Блонделем и Рэем, определена функция зрительной инерции, которая имеет вид:

$$f(t) = t_{эф}^2 / (t + t_{эф})^2.$$

Таким образом, функцию зрительной инерции принимают или за экспоненту или за гиперболу второго порядка.

Если сетчатка освещается световыми импульсами, то мелькания перестают восприниматься при некоторой их частоте. Критическая *частота слияния мельканий* $\nu_к$ — это такая частота, при которой мелькания перестают быть заметными как по светлоте, так и по цвету. Критическая частота слияния мельканий характеризует лабильность (функциональную подвижность) органа зрения, т. е. скорость его реакции на световое раздражение. Критическая частота слияния мельканий

описывается уравнением [6] $\nu_к = 12 \lg L + 35$, которое применимо для яркостей $L \leqslant 500 \div 1000$ кд/м² и углового размера источника $\omega \geqslant 0{,}01$ ср.

Закон Тальбота описывает зрительное ощущение, возникающее под действием мельканий. Если некоторая площадь сетчатки возбуждается световым стимулом, яркость которого периодически меняется с частотой, превышающей критическую частоту слияния мельканий, то вызываемое зрительное ощущение тождественно тому, которое создается постоянной яркостью, равной яркости средней за период.

Для серии проблесков с постоянной яркостью L при частоте проблесков $\nu \geqslant \nu_{кр}$ эффективная яркость

$$L_{эф} = Lt_1/(t_1 + t_2),$$

где t_1 — время проблеска; t_2 — время темного промежутка между двумя смежными проблесками.

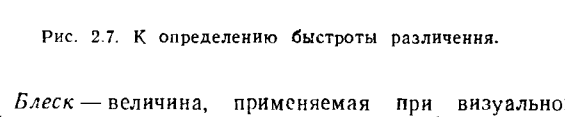


Рис. 2.7. К определению быстроты различения.

Блеск — величина, применяемая при визуальном наблюдении источника света, когда наблюдатель не воспринимает размеры источника. Блеск измеряется освещенностью, которую создает источник в плоскости, перпендикулярной лучам и проходящей через зрачок наблюдателя.

Эффективный блеск

$$E_{эф} = \frac{1}{t_{эф}} \int_0^t E(t) f(t)\, dt,$$

где $t_{эф}$ — время инерции; $E(t)$ — функция изменения во времени блеска; $f(t)$ — функция зрительной инерции; t — время проблеска.

Зависимость времени инерции $t_{эф}$ от яркости фона $L_ф$ [6]

Яркость фона L, кд/м²	$3{,}2 \cdot 10^{-5}$	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10	10^2	10^3
$t_{эф}$, с	0,2	0,2	0,19	0,167	0,134	0,1	0,066	0,051	0,05

Зависимость $t_{эф}$ от эффективного блеска $E_{эф}$

$E_{эф}$, 10^{-8} лк	2	5	10	50	10^2	$5 \cdot 10^2$	10^3	10^4
$t_{эф}$, с	0,2	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,045	0,032

Стробоскопический эффект — кажущееся изменение или прекращение движения предмета, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Если вращающийся белый диск с черным сектором освещать вспышками, то сектор будет казаться: неподвижным при $\nu_{всп} = \nu_{вращ}$; медленно движущимся в обратную сторону при $\nu_{всп} > \nu_{вращ}$; медленно движущимся в ту же сторону при $\nu_{всп} < \nu_{вращ}$, где $\nu_{всп}$ и $\nu_{вращ}$ — соответственно частоты вспышек и вращения диска. Стробоскопический эффект наблюдается при освещении вращающегося или периодически перемещающегося предмета источником света, поток которого изменяется с определенной частотой от нулевого до максимального значений, например ЛЛ, питаемой от сети переменного напряжения.

Быстрота различения (скорость обнаружения) — величина, обратная минимальному времени t_{min}, в течение которого объект должен находиться в поле зрения для того, чтобы наблюдатель заметил объект. Время различения принято измерять в секундах. Быстрота различения описывается выражением [6]

$$1/t_{min} = a + b \lg L_ф. \qquad (2.9)$$

Для скорости обнаружения	a	b
Черного кружка на белом фоне при $\alpha = 2{,}4'$; $K = 0{,}95$; $L_ф = (5 \div 3{,}2) \times 10^3$ кд/м²	—7	63
Двух черных полос на белом фоне при $\alpha = 1.8'$; $K = 0{,}95$; $L_ф = 5 \div 300$ кд/м² (рис. 2.7, *а*)	—53	100
То же при наличии мешающих изображений (рис. 2.7, *б*, *в*)	16	20

Приближенно быстроту различения можно определить по номограмме [6, 15]. Номограмма построена для быстроты различения порогового контраста колец Ландольта при вероятности различения $p = 0{,}7$.

Явление адиспаропии — невосприятие неравенства двух контрастных соприкасающихся полей. Исследование адиспаропии проводится с использованием как ахроматического, так и хроматического теста [2.9]. Тест представляет собой круг диаметром 1—1,5°, состоящий из двух цветных или серых контрастных полей, расположенных на белом фоне. После предварительной адаптации к установленной яркости фона наблюдатель фиксирует точку в центре круга на разделе двух полей. Временный порог адиспаропии определяется временем от момента фиксирования наблюдателем тест-объекта до момента нарушения четкой границы между контрастирующими полями при $K \geqslant 0{,}5$ или до исчезновения различия в контрастах сравниваемых полей с контрастом $K \leqslant 0{,}2$. Временный порог адиспаропии измеряется в секундах и характеризует функциональную устойчивость зрения.

Интенсивная и длительная зрительная работа или воздействие неблагоприятных факторов условий труда приводит к временному снижению ЗР, т. е. *зрительному утомлению*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. **Луизов А. В.** Инерция зрения. — М.: Оборонгиз, 1961. — 248 с.

2.2. **Глезер В. Д., Цуккерман И. И.** Информация и зрение. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 181 с.

2.3. **Светс Д., Тэйнер В., Бердзал Т.** Статистическая теория восприятия. — В кн.: Инженерная психология. — М.: Прогресс, 1964, с. 269—335.

2.4. **Никитина Е. А., Мурашова М. А.** Пороговый контраст равияркнх диффузных дисков. — В кн.: Научные работы институтов охраны труда. Вып. 81. — М.: Профиздат, 1973, с. 75—81.

2.5. **Никитина Е. А.** Пороговый контраст объектов прямоугольной формы. — В кн.: Научные работы институтов охраны труда, вып. 74. — М.: Профиздат, 1971, с. 77—80.

2.6. **Мясоедова Е. И.** Исследование закона суммации яркости вуалирующей пелены. — Светотехника, 1968, № 11, с. 8—13.

2.7. **Епанешников И. М., Сидорова Т. Н., Севера В.** Адаптация при неравномерном распределении яркости в поле зрения. — Светотехника, № 10, 1964, с. 7—13.

2.8. **Никитина Е. А.** Обнаружение объектов при неравномерном распределении яркости в поле зрения. — В кн.: Безопасность и гигиена труда. — М.: Профиздат, 1980, с. 98—105.

2.9. **Рабкин Е. Б.** Об условнорефлекторном изменении относительной устойчивости хроматического зрения. — В кн.: Проблемы физиологической оптики, т. II. — М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 48—52.

Раздел третий

МЕТРОЛОГИЯ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

3.1. ВВЕДЕНИЕ

Основные положения метрологии оптического излучения (ОИ) изложены в § 3.2 (Фотометрия) и § 3.3 (Колориметрия). Фотометрия — раздел физической оптики, в котором рассматриваются средние по пространству и времени энергетические параметры испускаемого источниками, распространяющегося в различных средах и взаимодействующего с телами ОИ УФ, видимого и ИК диапазонов спектра. Причем подразумевается усреднение энергии по малым интервалам протяженности и времени, которые, однако, значительно превышают длину волны и период электромагнитных колебаний. В таком широком смысле фотометрия охватывает не только экспериментальные методы и средства измерения фотометрических величин, но и теоретические положения и расчеты. Теоретические и экспериментальные методы фотометрии находят применение в большинстве областей науки и производства, например в технике освещения и сигнализации, при расчете переноса излучения в рассеивающих средах и в плазме газоразрядных ИС и звезд, при химическом анализе веществ, в пирометрии. Колориметрия включает в себя расчеты и методы измерения цвета излучения ИС и цвета различных тел. Глава содержит материал, относящийся в основном к экспериментальным методам фотометрии и колориметрии.

При постановке и выполнении измерений параметров и характеристик ОИ необходимо опираться на существующую государственную систему обеспечения единства измерений (ГСИ). Главными терминологическими источниками в фотометрии и колориметрии являются международный светотехнический словарь [27] и стандарт [3.1]. Общее состояние фотометрии и колориметрии в стране характеризуется комплексом стандартов, основные из которых представлены в списке литературы [3.1—3.56]. К основной литературе по фотометрии относятся также [1, 4 — 10, 14, 31, 3.86].

Особенности фотометрии лазерного излучения здесь не освещаются, так как лазеры пока не нашли широкого применения в светотехнике.

Фотометрическая и колориметрическая аппаратура, предназначенная для серийного производства и ввозимая из-за границы партиями для выпуска и обращения в СССР, должна подвергаться государственным испытаниям в соответствии с [3.57] и периодически проверяться в соответствии с [3.58] и конкретными государственными поверочными схемами [3.11, 3.15 и др.]. Нестандартизованные фотометрические и колориметрические средства измерений должны разрабатываться, изготовляться, метрологически аттестовываться и эксплуатироваться в порядке, установленном [3.59]. Средства измерения, ввозимые из-за границы единичными экземплярами, также должны проходить метрологическую аттестацию по [3.59]. При метрологической аттестации средств измерений нормируемые метрологические характеристики следует устанавливать по [3.60].

Необходимо обеспечивать нестандартизованные фотометрические и колориметрические средства измерения методами и средствами поверки в соответствии с требованиями [3.61]. При этом до выпуска средств измерений в обращение должны быть решены вопросы об установлении порядка их связи с государственными эталонами и поверочными схемами, а также о практическом осуществлении поверки соответствующими организациями ведомства или Госстандарта.

При оценке суммарных погрешностей измерений параметров излучения ИС и СП необходимо учитывать три компонента: погрешность измерительной аппаратуры, погрешность метода измерений и интервал возможных вариаций измеряемого параметра излучения за счет отклонений от номинальных значений параметров режима питания и охлаждения испытываемого ИС или СП. Суммарную погрешность измерений рекомендуется определять по способу, изложенному в [3.62, 3.63]. При этом собственные погрешности (основная и дополнительные) фотометрической и колориметрической аппаратуры можно считать систематическими и равномерно распределенными [3.64], так как случайная составляющая, как правило, мала. Погрешности метода измерений (например, отклонение от закона квадратов расстояний при определении силы света по измеренной освещенности) также чаще всего можно считать систематическими. Результаты измерений и показатели точности измерений оформляются по [3.64].

По сравнению с другими видами измерений фотометрирование отличается сравнительно большими погрешностями (5—30 %). Так, основная погрешность рабочих люксметров может достигать 15 % [3.11]. Это обстоятельство необходимо учитывать при нормировании и техническом контроле параметров излучения ИС и СП. В отличие от справочных (средних статистических значений) гарантируемые и контролируемые нормы на параметры излучения должны устанавливаться с учетом суммарной погрешности измерений.

Фотометрические и колориметрические работы должны проводиться в помещениях с нормальными условиями для эксплуатации всех используемых приборов и устройств (желательно, чтобы помещения отвечали требованиям, предъявляемым Госстандартом по [3.65] к помещениям поверочных подразделений метрологических служб). В помещениях лабораторий необходимо иметь устройства затемнения. Желательно, чтобы потолок, стены и пол были черными для устранения постороннего и рассеянного света. Приборы и установки в помещениях размещают так, чтобы доступ к ним был возможен со всех сторон. Для наблюдателя должно быть обеспечено удобное сидячее место, а для записи наблюдений — специальный журнал и место для него. В затемненных помещениях особое внимание необходимо обращать на то, чтобы устройство и размещение электрического оборудования были безопасными. Наличие открытых, доступных к прикосновению токоведущих частей недопустимо! При перемещении операторов в затемненном помещении должна быть исключена возможность случайных ударов об острые углы и выступающие части оборудования.

Кроме того, при выполнении фотометрических и колориметрических работ с ИС и СП возможны следующие опасные и вредные факторы [3.66]: повышенные температуры поверхностей и воздуха в рабочей зоне; повышенные ионизация воздуха, яркость света, уровни УФ и ИК радиации; отсутствие или недостаток естественного света. Необходимо предусматривать методы и средства защиты работающих от действия перечисленных опасных и вредных факторов.

3.2. ФОТОМЕТРИЯ

3.2.1. ПРИЕМНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Приемники ОИ [3.67—3.72] можно подразделить на фотоэлектрические (квантовые) и тепловые. В фотометрии применяются в основном фотоэлектрические приемники (электровакуумные и полупроводниковые фотоэлементы и фотоэлектронные умножители). Однако неселективность чувствительности делает некоторые тепловые приемники (радиационные термоэлементы и болометры) очень удобными для ряда энергетических измерений, особенно в ИК области спектра.

Основные характеристики фотоприемников. Чувствительность приемника определяется отношением величины, характеризующей его реакцию (ток, напряже-

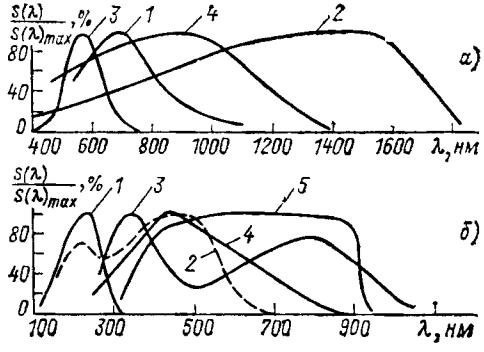


Рис. 3.1. Относительные спектральные характеристики.

а — приемники с внутренним фотоэффектом (*1* — кремниевый фотодиод; *2* — германиевый фотодиод; *3* — селеновый фотоэлемент; *4* — сернистосеребряный фотоэлемент); *б* — электровакуумные фотоэлементы и фотоэлектронные умножители с различными фотокатодами и материалами входных окон (*1* — теллуристорубидиевый с окном из фтористого магния; *2* — сурьмяно-цезиевый — кварц; *3* — кислородно-серебряно-цезиевый — стекло; *4* — мультищелочный — стекло; *5* — арсенид-галлиевый — стекло).

ние), к величине, вызывающей эту реакцию (поток излучения, световой поток). Функциональную зависимость между этими величинами называют световой характеристикой. Динамический диапазон измерительных приемников обычно определяется пределами линейности световой характеристики. Чувствительность приемника к потоку монохроматического излучения называют спектральной чувствительностью $s(\lambda)$. Зависимость спектральной чувствительности от длины волны или другой спектральной координаты называется спектральной характеристикой. Во многих случаях удобно знать относительную спектральную характеристику (рис. 3.1) — кривую отношения чувствительности на данной длине волны к чувствительности на некоторой определенной длине волны (обычно к максимальной чувствительности).

Чувствительность приемника к немонохроматическому потоку излучения называют интегральной. Интегральную чувствительность к световому потоку называют световой чувствительностью. Интегральная чувствительность к потоку излучения определяется выражением

$$S_e = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, s(\lambda)\, d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, d\lambda}, \qquad (3.1)$$

где $\Phi_\lambda(\lambda)$ — спектральная плотность потока излучения.

В выражениях для интегральной чувствительности учитывается характеристика эффективности действия приемника, в частности, для световой чувствительности S_v она определяется относительной спектральной световой эффективностью монохроматического излучения $V(\lambda)$ [3.3] и максимальной спектральной световой эффективностью монохроматического излучения для дневного зрения $K_{max} = 680$ лм/Вт [27]:

$$S_v = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, s(\lambda)\, d\lambda}{K_{max}\int_0^\infty \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda}. \qquad (3.2)$$

Интегральная чувствительность нормируется для определенного источника (обычно это источник A) [3.36].

Темновой ток — ток, протекающий на выходе фотоприемника при отсутствии ОИ на входе. Минимальное значение измеряемой величины, которое можно обнаружить приемником, характеризуется порогом чувствительности. Его принято оценивать потоком излучения или световым потоком, создающим на выходе приемника сигнал, эквивалентный сигналу от шумов приемника. Обусловленный шумами сигнал пропорционален корню квадратному из полосы пропускания всей измерительной схемы. Поэтому порог чувствительности (световой эквивалент шума) определяют в единицах Вт/Гц$^{1/2}$ или лм/Гц$^{1/2}$ [3.71].

Временное разрешение фотоприемников определяется полной длительностью импульсной характеристики или длительностью ее фронта [3.6], которая является реакцией приемника на воздействие единичного δ импульса (т. е. импульса, длительность которого намного меньше длительности реакции приемника). Временное разрешение определяется также временем нарастания переходной характеристики — реакция фотоприемника на единичный скачок (ступенчатый импульс) [3.6].

Фотоэлектрические электровакуумные и полупроводниковые приемники излучения — приборы, в которых под действием поглощенного оптического излучения генерируется электрический ток (фототок) или ЭДС (фото-ЭДС). Их действие основывается на фотоэлектронной эмиссии в вакуум (электровакуумный фотоэлемент, фотоэлектронный умножитель), или на внутреннем фотоэффекте (полупроводниковые фотоэлементы, фотодиоды и фототранзисторы).

Электровакуумные фотоэлементы — это приборы (табл. 3.1) с двумя электродами (фотокатодом и анодом), помещенными в вакуумированную стеклянную или металлостеклянную колбу с оптическим окном из кварца, увиолевого или простого стекла [3.67].

Фотокатоды электровакуумных фотоэлементов — полупрозрачные или массивные слои полупроводниковых соединений различного химического состава, нанесенных непосредственно на стекло входного окна или на проводящую подложку, уменьшающую продольное сопротивление катода. Это необходимо для уменьшения утомляемости фотоэлементов и увеличения быстродействия приборов. Конфигурация анода фотоэлементов должна обеспечить полный сбор электронов, эмиттированных фотокатодом. Полный сбор электронов характеризуется напряжением насыщения вольт-амперной характеристики (зависимости фототока от анодного напряжения при заданном световом потоке), определяющим минимальное рабочее напряжение [3.30]. В режиме непрерывного облучения для фототоков 10^{-8}—10^{-5} А напряжение насыщения обычно составляет 10—150 В.

Таблица 3.1. Основные параметры электровакуумных фотоэлементов

Тип фотоэлемента	Спектральная область чувствительности, нм	Габаритные размеры, мм²	Площадь фотокатода, см²	Рабочее напряжение, В	Световая чувствительность, мкА/лм	Спектральная чувствительность		Темновой ток, А, при U=100 В
						Длина волны, нм	Чувствительность, мА/Вт	
Ф-4	215—650	40×104	15	30	100	215	15	$6\cdot10^{-12}$ (U=30 В)
Ф-7	215—320	45×97	6,3	100	—	254	0,1	$2\cdot10^{-12}$
Ф-9	300—850	40×88	9	100	185	750	10	$1\cdot10^{-13}$
Ф-10	300—850	62×100	28	100	160	750	10	$1\cdot10^{-13}$
Ф-13	300—850	40×52	5,7	100	120	700	3,5	$1\cdot10^{-13}$
Ф-15	300—850	40×88	9	100	170	750	10	$1\cdot10^{-13}$
Ф-16	300—850	40×55	5,7	100	150	750	8	$1\cdot10^{-13}$
Ф-17	160—650	32×66	3,5	100	70	215	50	$5\cdot10^{-13}$
Ф-18	300—650	26×26	3	100	105			$1\cdot10^{-11}$
Ф-21	400—1200	40×26	5,3	100	21	1100	0,15	$3\cdot10^{-11}$
Ф-22	300—850	33×40	5,3	10—2500	80	700	2,5	$1\cdot10^{-13}$
Ф-23	400—1200	33×50	5,3	100	25	1100	0,15	$1\cdot10^{-11}$ (U=30 В)
Ф-25	300—850	26×50	3	20—1000	250	750	16	$8\cdot10^{-14}$
Ф-26	215—650	40×104	10	30—300	140	215	50	$2\cdot10^{-14}$
Ф-27*	240—400	32×77	5,3	100		297	1,5	$1\cdot10^{-12}$
Ф-28**	400—1200	40×35	4,9	50—2000	20	1100	0,05	$3\cdot10^{-10}$
Ф-29	220—330	35×36	3	100		230	10	$1\cdot10^{-12}$
Ф-32***	215—1100	30×20	3	50—2000	10	1100	0,05	$1\cdot10^{-9}$

* Угол обзора 240°.
** Длительность фронта импульсной характеристики 0,3 нс.
*** Длительность фронта импульсной характеристики 0,15 нс.

Для измерения параметров коротких импульсов излучения (10^{-9}—10^{-10} с) фотоэлементы выполняются в виде отрезка коаксиальной линии. Волновые сопротивления фотоэлемента и кабеля должны быть согласованы, что можно осуществить коническим трансформатором с переменным по длине волновым сопротивлением. Для линейного преобразования мощных импульсов излучения и получения фототоков 1—10 А при рабочих напряжениях $U=1\div3$ кВ катод наносится на массивную металлическую подложку, а анод выполняется в виде сетки, параллельной плоскости катода и удаленной от него на 2—4 мм (серийные фотоэлементы Ф-21, Ф-28 в табл. 3.1, а также измерительные фотоэлементы типа ФЭК [3.72]).

Темновые токи фотоэлементов слагаются из токов термоэлектронной эмиссии катода и тока утечки между электродами. Наименьшую термоэлектронную эмиссию имеют двухкомпонентные многощелочные фотокатоды (10^{-16} А/см²), наибольшую — кислородно-серебряно-цезиевые фотокатоды (10^{-13}—10^{-11} А/см²). В справочных данных приводятся значения темнового тока в режиме постоянного облучения и обычно при U = 100 В. В режимах работы фотоэлементов, характерных для импульсного облучения ($U\geqslant1$ кВ), темновой ток может превышать указанное значение на порядок и более.

Шумы фотоэлементов обусловлены статистической природой излучения и фотоэлектронной эмиссии и тепловыми шумами на нагрузочном сопротивлении [3.67]. Шумы определяют пороговые характеристики фотоэлементов. При использовании нагрузочных сопротивлений более 10^{10} Ом тепловые шумы настолько возрастают, что становится целесообразнее применять вместо фотоэлементов фотоэлектронные умножители.

Фотоэлектрические полупроводниковые приемники излучения (полупроводниковые фотоэлементы и фотодиоды) — полупроводниковые приборы с электронно-дырочным переходом (p-n переходом), действие которых основано на фотогальваническом эффекте. Поглощение оптического излучения в таких приборах приводит к увеличению числа свободных носителей внутри полупроводника. Под действием электрического поля перехода (запирающего слоя) носители заряда пространственно разделяются (электроны накапливаются в n-области, дырки в p-области) и между слоями возникает фото-ЭДС. При замыкании внешней цепи через нагрузку протекает электрический ток.

Существует много видов полупроводниковых (фотогальванических) фотоэлементов и фотодиодов (табл. 3.2): селеновые, сернистосеребряные, кремниевые, германиевые и др. [3.68]. В фотометрии распространение получили селеновые фотоэлементы, спектральная характеристика которых легко приводится к $V(\lambda)$ (светофильтрами ЖЗС-18 толщиной 2,1 мм и ЗС-8 — 1,9 мм), и кремниевые фотоэлементы, отличающиеся высокой стабильностью чувствительности. Интегральная чувствительность селеновых фотоэлементов около 500 мкА/лм (или 200 мкА/лм с указанными фильтрами), кремниевых более 3000 мкА/лм. Световая характеристика полупроводниковых фотоэлементов линейна лишь при сопротивлениях нагрузки малых по сравнению с их внутренним сопротивлением. Максимальная рабочая частота селеновых фотоэлементов составляет 50—100 Гц.

Фотодиодами называют полупроводниковые фотоэлементы, используемые преимущественно в диодном режиме, т. е. с внешним источником питания. Схемы

Таблица 3.2. **Основные параметры фотоэлектрических полупроводниковых приемников излучения**

Вид прибора	Тип прибора	Спектральная область чувствительности, мкм	Световая чувствительность, мА/лм	Внутреннее сопротивление в темноте, Ом	Максимальная рабочая частота, Гц	Площадь рабочей поверхности, см²	Фото-ЭДС, мВ	Темновой ток при 20 °С, мкА	Рабочее напряжение, В
Селеновый фотоэлемент	ФЭС-3 ФЭС-10 ФЭС-25	0,40—0,75	0,45—0,50	10^3—$5\cdot10^4$	50—100	3 10 25	300	—	—
Сернистосеребряный фотоэлемент	ФЭСС-2 ФЭСС-5 ФЭСС-10	0,4—1,4	3,5—8,0	10^3—10^5	50—100	2 5 10	60—150	—	—
Фотодиод	ФД-7Г	0,4—1,8	22	—		0,025	—	10	10
	ФД-8К	0,4—1,1	4		$7{,}5\cdot10^{-8}$*	0,02		1	20
	ФД-8Г	0,4—1,8	17		$1{,}2\cdot10^{-7}$*	0,035		10	5
	ФД-9К	0,4—1,1	3,5—7,5			0,2		10	10
	ФД-9Э11А	0,4—1,8	17		$2\cdot10^{-7}$*	0,01		10	10
	ФД-21КП	0,5—1,1	4		$1\cdot10^{-7}$*	0,002		1—4	10
	ФД-24К	0,4—1,1	6			0,8		5	27

* Постоянная времени, с.

включения фотоэлементов и фотодиодов приведены на рис. 3.2.

Прибор, аналогичный фотодиоду, но обладающий еще свойством усиления фототока (на втором *p-n* переходе) называется фототранзистором. Интегральная

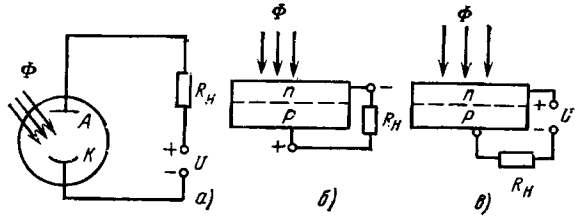


Рис. 3.2. Схемы включения фотоприемников.

а — электровакуумный фотоэлемент; *б* — вентильный фотоэлемент; *в* — фотодиод; *А* — анод; *К* — фотокатод; Ф — поток излучения; $R_н$ — сопротивление нагрузки; *U* — рабочее напряжение.

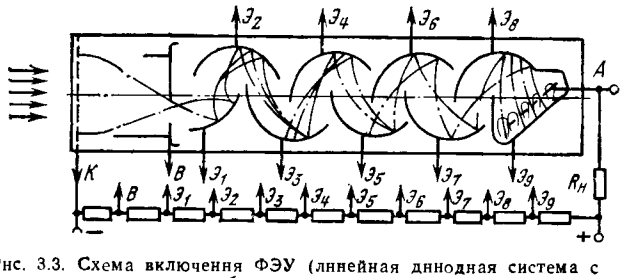


Рис. 3.3. Схема включения ФЭУ (линейная динодная система с корытообразными динодами).

К — фотокатод; *В* — фокусирующие электроды входной системы; $Э_1$—$Э_9$ — диноды; *А* — анод; $R_н$ — сопротивление нагрузки; —·— — траектории электронов.

чувствительность фотодиодов и фототранзисторов определяется к излучению источника света с цветовой температурой 2360 К. Для перехода к источнику типа А (2856 К — см. п. 3.3.3), что удобнее для применения, необходимо интегральную чувствительность кремниевых фотодиодов разделить приблизительно на 1,6, а германиевых — на 2,1. Диапазон линейности в фотодиодном режиме для германиевых фотодиодов простирается до десятков тысяч люкс, у кремниевых — до сотен тысяч люкс. В вентильном режиме отступление от линейности световой характеристики наступает при меньших освещенностях.

Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) — электровакуумный прибор, в котором ток фотоэлектронной эмиссии фотокатода усиливается умножительной (динодной) системой посредством вторичной электронной эмиссии [3.10].

Для ускорения и фокусировки электронов между фотокатодом, фокусирующими электродами катодной камеры, направляющими их на вход динодной системы, первым и последующими динодами (электродами, умножающими падающий на них электронный поток посредством вторичной эмиссии) и анодом создаются разности потенциалов при помощи внешнего высоковольтного источника (600—3000 В) и делителя напряжения (рис. 3.3). Типы фотокатодов те же, что и у электровакуумных фотоэлементов (см. рис. 3.1). Умножительная система ФЭУ может состоять из ряда дискретных динодов (работающих на отражение или прострел), или непрерывного динода с распределенным сопротивлением в виде одного канала (канальные ФЭУ), или совокупности множества каналов — микроканальной пластины. При подаче на концы канала высокого напряжения вдоль него создается электростатическое поле, ускоряющее вторичные электроны, которые многократно соударяются со стенкой канала, усиливая ток. Усиление фототока может также осуществляться за счет эффекта усиления при бомбардировке *p-n* перехода электронами больших энергий (гибридные ФЭУ). Серийно выпускаются ФЭУ только с дискретной динодной системой. Дискретные динодные системы отличаются расположением динодов (в линию, по кругу), их формой (корытообразные, коробчатые, жалюзийные) и методом фокусировки (электростатическая, магнитная, в скрещенных электрических и магнитных полях). Анодный блок ФЭУ обычно состоит из последнего динода и анода коллектора электронов. В быстродействующих ФЭУ применяются дополнительные электроды для рассасывания объемного заряда и фокусировки электронов на коллектор.

Основные параметры ФЭУ (табл. 3.3): спектральная и световая чувствительности (1—10^4 А/лм), равные соответствующей чувствительности катода, умно-

Таблица 3.3. Основные параметры ФЭУ

Тип ФЭУ	Спектральная область чувствительности, нм	Максимальный диаметр, мм	Максимальная длина, мм	Диаметр рабочей площади фотокатода, мм	Чувствительность фотокатода: световая, мкА/лм	Чувствительность фотокатода: спектральная, мА/Вт	Чувствительность фотокатода: длина волны, нм	Световая анодная чувствительность, А/лм	Напряжение питания, В	Темновой ток, А	Порог чувствительности, лм/Гц$^{1/2}$	Длительность анодного импульса, нс	Длительность фронта анодного импульса, нс
ФЭУ-18А	220—600	48,5	161	16×5	35	—	—	1000	1100	$3\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-12}$		
ФЭУ-22	400—1100	48,5	161	16×5	40	—	—	10	1400	$5\cdot10^{-8}$	—		
ФЭУ-27	300—800	30,5	92	25	55	—	—	30	1400	$2\cdot10^{-8}$	$3\cdot10^{-12}$	20	9
ФЭУ-28	300—1100	34	108	25	35	0,05	1100	—	—	—	$6\cdot10^{-11}$	16	10
ФЭУ-30	350—600	68	180	50	70	—	—	5000	2400	$2\cdot10^{-5}$	—	8	2,8
ФЭУ-36	300—600	48,5	175	34	80	50	410	1000	1400	$3\cdot10^{-7}$	—	8	2,8
ФЭУ-39	160—600	48,5	158	34	70	55	410	1000	1250	$3\cdot10^{-7}$	—	20	9
ФЭУ-51	300—820	34	96	25	110	10	694	100	1600	$4\cdot10^{-8}$	$1{,}5\cdot10^{-12}$	20	9
ФЭУ-60	300—600	15	59	10	80	50	410	30	1100	$3\cdot10^{-9}$	$1{,}1\cdot10^{-12}$	11,5	6
ФЭУ-62	400—1200	34	81	10	—	—	—	10	1400	$3\cdot10^{-7}$	$5{,}5\cdot10^{-12}$	13	9
ФЭУ-63	350—500	125	270	100	80	—	—	1000	2300	$2\cdot10^{-5}$	—	10	3
ФЭУ-65	350—600	185	350	150	45	—	—	1000	2500	$4\cdot10^{-5}$	—	12	3,5
ФЭУ-68	300—820	15	64	10	120	11	694	1	1000	$5\cdot10^{-10}$	—	14	7
ФЭУ-71	160—600	31	90	16	100	65	410	1000	1250	$1\cdot10^{-7}$	$7\cdot10^{-13}$	12,5	5
ФЭУ-74А*	300—600	30	100	25	45	35	410	30	1700	$5\cdot10^{-9}$	—	9,2	4
ФЭУ-77	300—830	48,5	167	5	130	18	410	300	2000	$1\cdot10^{-8}$	$2\cdot10^{-13}$	5	2
ФЭУ-79	300—830	48,5	155	6	200	22	694	1000	1900	$2\cdot10^{-8}$	$2{,}5\cdot10^{-13}$	12	5
ФЭУ-84	300—850	34	105	25	130	—	—	100	1450	$3\cdot10^{-8}$	$1\cdot10^{-12}$	20	10
ФЭУ-85	300—600	30	90	25	80	55	410	100	1100	$2\cdot10^{-8}$	—	12,5	5
ФЭУ-85	300—600	20	72	10	90	50	410	100	1100	$7\cdot10^{-9}$	$5\cdot10^{-13}$	15	8
ФЭУ-87	300—600	30	110	20	45	45	410	3000	2500	$4\cdot10^{-7}$	—	6	2,5
ФЭУ-92	340—650	40	113	25	50	—	—	30	1600	$5\cdot10^{-10}$	$8\cdot10^{-12}$	—	—
ФЭУ-96	230—680	21,5	75	3	35	—	—	30	1500	$3\cdot10^{-10}$	$5\cdot10^{-13}$	—	—
ФЭУ-97	230—680	52	110	40	45	—	—	30	1350	$8\cdot10^{-9}$	—	—	—
ФЭУ-100	170—830	34	100	16	90	20	400	100	1900	$2\cdot10^{-9}$	$3\cdot10^{-13}$	—	—
ФЭУ-102*	300—600	20	80	16	40	45	410	10	1700	$3\cdot10^{-10}$	—	—	—
ФЭУ-104**	300—830	48,5	125	5	190	65	694	300	2000	$1{,}5\cdot10^{-8}$	$3\cdot10^{-13}$	10	5
ФЭУ-106	170—830	48,5	155	6	180	20	694	1000	2000	$4\cdot10^{-8}$	$3\cdot10^{-13}$	12	5
ФЭУ-110	300—850	80	125	63	110	—	—	10	1300	$5\cdot10^{-9}$	—	—	—
ФЭУ-111***	300—600	23	97	7	—	—	—	100	900	$7\cdot10^{-9}$	$2\cdot10^{-13}$	—	—
ФЭУ-114	250—850	21,5	75	10	80	—	—	30	1400	$5\cdot10^{-10}$	$1\cdot10^{-12}$	—	—
ФЭУ-115	300—750	30	90	25	120	—	—	10	1330	$3\cdot10^{-10}$	$4\cdot10^{-13}$	—	—
ФЭУ-123**,***	300—820	52	150	5	300	—	—	1000	2100	$6\cdot10^{-9}$	—	7	4
ФЭУ-127***	300—600	25,5	97	7	—	—	—	100	1050	—	$9\cdot10^{-14}$	—	—
ФЭУ-130	220—600	30	110	25	—	40	410	100	1800	$3\cdot10^{-7}$	—	—	—
ФЭУ-131	400—1200	21,5	90	5	—	0,1	1060	15	1700	$3\cdot10^{-7}$	—	—	—

* Термостойкий до 150 °С.
** С призмой полного внутреннего отражения.
*** Залитый с делителем в корпусе — магнитном экране.

женной на коэффициент усиления умножительной системы (10^3—10^8), порог чувствительности — световой эквивалент шума темнового анодного тока (10^{-12}—10^{-14} лм/Гц$^{1/2}$) [3.31] и временное разрешение (2—20 нс).

В табл. 3.3 приведены ФЭУ с полупрозрачными фотокатодами, нанесенными на плоском торцевом входном окне, и ФЭУ с боковым входом и фотокатодом на металлической подложке (ФЭУ-18А и ФЭУ-22). Для измерений в ультрафиолетовой области спектра следует применять ФЭУ с окном из увиолевого стекла (ФЭУ-18А, ФЭУ-96, ФЭУ-97, ФЭУ-114, ФЭУ-130), кварца (ФЭУ-39, ФЭУ-71, ФЭУ-100) или из искусственной слюды (ФЭУ-106). Измерения световых величин производятся ФЭУ с висмуто-серебряно-цезиевым фотокатодом (ФЭУ-27) или мультищелочным фотокатодом (длинноволновая граница 830—850 нм), спектральная чувствительность которых может быть скорригирована

цветными светофильтрами под кривую относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. Измерения в области 850—1200 нм производятся ФЭУ с кислородно-серебряно-цезиевыми фотокатодами (ФЭУ-28, ФЭУ-62, ФЭУ-131 и др.), однако следует учесть, что в более коротковолновой области их параметры (чувствительность, темновой ток, стабильность) хуже, чем у ФЭУ с другими типами фотокатодов. Наибольший средний анодный фототок можно получить у ФЭУ с жалюзийной и тороидальной умножительными системами (ФЭУ-30, ФЭУ-63, ФЭУ-84, ФЭУ-92, ФЭУ-97 и др.). Лучшей стабильностью при малых токах отличаются ФЭУ с напыленными сурьмяно-цезиевыми эмиттерами и фотокатодами (ФЭУ-71, ФЭУ-85, ФЭУ-86, ФЭУ-127 и др.) и с напыленными эмиттерами и мультищелочным фотокатодом (ФЭУ-77). Для счета одиночных фотонов применяются ФЭУ с малым числом темновых импульсов (ФЭУ-71, ФЭУ-79, ФЭУ-84, ФЭУ-106, ФЭУ-127). В табл. 3.3 указаиа группа ФЭУ с высоким временным разрешением и большим (до 0,5—1 А) диапазоном линейности световой характеристики в импульсном режиме (ФЭУ-30, ФЭУ-36, ФЭУ-63, ФЭУ-65). Фотоэлектронные умножители ФЭУ-74 и ФЭУ-102 предназиачеиы для эксплуатации при повышенной температуре до 150 °С.

Фоторезисторы — фотоприемники, действие которых осиоваио иа эффекте фотопроводимости — в фотометрии применяются редко из-за недостаточной стабильности и нелинейности световой характеристики.

Термоэлектрический преобразователь (радиационный термоэлемент) — термопреобразователь, действие которого основано на использовании зависимости термо-ЭДС термопары от температуры. Спай термопары нагревается падающим ОИ. Для лучшего поглощения ОИ поверхиость нагреваемого спая должна быть зачернена. Материалами термопары служат металлы, сплавы и полупроводники, обеспечивающие наибольшую термо-ЭДС (висмут и сурьма, висмут и теллур и др.). Для получения пористой черненой поверхности облучаемого спая используют электролитически осажденную платину, наносимую распылением золотую чернь и др. Для увеличения чувствительности необходимо уменьшать теплоемкость термоэлементов и отвод теплоты от них. Это достигается изготовлением термоэлементов из особо тонких проволочек и их помещением в вакуумированную колбу. Окно колбы делается из материала, прозрачного для измеряемого излучения (кварц, сапфир, стекло, LiF_2 и др.). Несколько термоэлементов, расположеиных рядом и соединяемых между собой, иазывают термостолбиком, в нем складываются термо-ЭДС отдельных элементов. Для компенсасции влияния колебаний температуры окружающей среды применяют термоэлемент, состоящий из двух одинаковых термопар, включаемых иавстречу друг другу, — компенсированный термоэлемент. Излучением нагревается только один из спаев, но температура окружающей среды действует на оба спая, а поскольку они включены иавстречу, это влияние компенсируется. Чувствительность термоэлементов достигает 20—35 В/Вт, порог чувствительности $5 \cdot 10^{-11}$ Вт/Гц$^{1/2}$. Оии могут работать на частотах до 10 Гц.

Принцип действия *болометра* — термопреобразователя сопротивлеиия основан на зависимости его сопротивлеиия от температуры. Чувствительным элементом болометра является зачерненная металлическая или полупроводниковая проволочка. Для увеличения чувствительностн болометра, так же как и в термоэлементе, умеиьшают его теплоемкость, для уменьшения теплоотвода его помещают в вакуумированную колбу. Преимущество болометров — меньшая, чем у термоэлемеитов, ииерционность (могут работать на частотах порядка 10^2 Гц), но порог чувствительности у них больше. У болометра типа БКМ (высота 15 мм, диаметр 16 мм) с активной площадью поверхности 0,68—1,75 мм^2, номиналыным сопротивлением 1,5—2,4 МОм, рабочим напряжением 60—250 В постоянная времени составляет от 100 до 2,2 мс, порог чувствительности $1{,}2 \cdot 10^{-9}$—$8 \cdot 10^{-10}$ Вт/Гц$^{1/2}$.

3.2.2. СВЕТОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Целью световых измерений [3.11], независимо от применяемых средств и методов измерений, является оценка мощности ОИ согласно свойствам глаза. В идеале эта оценка должна дать полное соответствие между измеряемой величиной и зрительным впечатлением.

Предмет световых измерений составляет определение различных световых величин, характеризующих источники излучения, условия освещения, оптические свойства материалов и тел [1, 4—10, 14, 3.73—3.79]. Выражения для этих величин имеют вид:

$$A = K_{max} \int P_\lambda(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda; \qquad (3.3)$$

$$B = \int P_\lambda(\lambda)\, b(\lambda)\, V(\lambda)\, d(\lambda) \Big/ \int P_\lambda(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda, \qquad (3.4)$$

где A — какая-либо световая величина (Ф — световой поток, I — сила света, E — освещенность, L — яркость, M — светимость); $P_\lambda(\lambda)$ — спектральная плотность соответствующей энергетической величины; $V(\lambda)$ — относительная спектральиая световая эффективность монохроматического излучения для дневного зрения; K_{max} — максимальиая спектральиая световая эффективность, принятая сейчас равной 680 лм·Вт$^{-1}$; B — какая-либо из световых характеристик оптических свойств материалов (коэффициенты: пропускания τ, отражения ρ, яркости β); $b(\lambda)$ — та же характеристика в функции длины волны λ.

Световые измерения (табл. 3.4, 3.5, 3.7) выполняют с помощью специальных приборов — фотометров [3.4], визуальных (зрительных) и физических (чаще фотоэлектрических), где в качестве приемника излучения используют соответственно или глаз, или какой-либо физический приемник. Фотометры различны по своей конструкции и способам применения (табл. 3.6, 3.8, 3.9). Результат измерений в любом случае должен обеспечивать определение световой величины согласно выражениям (3.3) и (3.4).

Таблица 3.4. **Методы световых измерений [7, 9, 25, 27, 3.3]**

Наименование метода	Основной прииип	Способы гетерохромной фотометрии (сравнение излучений разного спектрального состава)
Визуальные измерения	Уравнивание яркостей двух смежных полей сравиеиия	Выравнивание цветовых различий путем применения цветных фильтров Ступенчатый метод — сравиение через промежуточные яркости разных цветностей Метод мнгания — поочередное сравненне двух полей со скоростью, исключающей различеиие их по цветности, но сохраняющей различенне по яркости
Измерения физическими приемниками	Измерение световых потоков на площадке определенных размеров (освещенности)	Исправление спектральной чувствнтельности приемиика путем применения цветных светофильтров Измеренне спектральной плотности данной эиергетической величины и последующий расчет

Таблица 3.5. **Методы измерений световых величин**

Измеряемая величина	Основные условия измерений	Методы измерения, основной принцип	Используемая аппаратура, основные варианты измерений и расчетов	Основные допущения, условия измерений	Область применения	Литературные ссылки, рисунки
Сила света	В одном направлении	Метод светомерной скамьи — измерение силы света через освещенность на удаленных расстояниях l от источника света с применением закона квадратов расстояний	Фотометрическая (светомерная) скамья. Фотометры разных устройств, люксметры. Измерения при постоянной освещенности с визуальным или фотоэлектрическим фотометром; измерения при переменной освещенности. Основная расчетная формула: $I = El^2$	$l \geqslant (5 \div 10)d$, где d — линейные размеры источника	ЛН, ГЛ и СП	[3.2—3.23, 3.73]
Сила света	То же	Телецентрический метод — измерение силы света через освещенность на малых расстояниях путем выделения световых лучей заданного направления с установленным допуском в пределах телесного угла $\Delta\omega$	Апланатическая оптическая система (ОС) (преломляющая, отражающая, катадиоптрическая) с большим световым отверстием охватывает световые лучи заданного направления (в пределах телесного угла $\Delta\omega$) от всех элементов светящего тела. Диафрагма D в задней фокальной плоскости ОС пропускает от каждого светящего элемента всего источника световой поток в пределах $\Delta\omega$ $\Phi_x = \frac{\tau I_x}{f^2}\Delta S'$, где I_x — сила света источника; τ и f — коэффициент пропускания и фокусное расстояние ОС; $\Delta S'$ — площадь диафрагмы	ОС — апланатическая, имеет одинаковые значения τ во всех точках. Светящее тело можно перемещать вдоль оси, пока ОС улавливает все лучи в заданном телесном угле	ЛН, СП	[1, 3.22], рис. 3.4
Сила света	В разных направлениях	Метод распределительного фотометра — измерение силы света через измерения освещенности в разных точках шаровой (полушаровой) поверхности, условно рассматриваемой вокруг источника света	Распределительные фотометры (РФ) разной конструкции	Выбор конструкции РФ связан со свойствами источника света и приемника излучения, возможностью вращения обоих, погрешностью измерений от введения зеркал (поляризация света, неоднородность отражения и пр.)	ЛН и ГЛ; светильники и прожекторы	[9, 3.21—3.23]
Сила света	В разных направлениях, во внелабораторных условиях	Измерение силы света через измерения освещенности переносными приборами	Люксметры $I = El^2$		СП в производственных, уличных и подобных им условиях	
Световой поток	На площади ограниченных размеров	Расчет по измерениям освещенности в данной точке	Люксметры $\Phi = ES$			
Световой поток	В выбранном телесном угле от ω до 4π	Метод распределительного фотометра. Расчет по измерениям освещенности в различных точках шаровой поверхности, условно окружающей источник света, центр которого совмещен с центром этого условного шара	Распределительный фотометр данного плеча l (разной конструкции). Общее выражение для полного светового потока источника $\Phi = l^2 \int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\varepsilon=0}^{\pi} E_i \sin \varepsilon \, d\varphi \, d\varepsilon$, где φ и ε — углы поворота в горизонтальной и вертикальной плоскостях. E_i измеряют в выбранных точках, через равные линейные углы или равные телесные углы или же путем непрерывного перемещения приемника по винтовой линии.	Направления измерений ориентируются относительно шаровых поясов, расположенных перпендикулярно вертикальной оси источника и определяющих телесные углы, внутри которых заключен световой поток, падающий на данный пояс. Выбор направлений и точек определяется заданной точностью измерений и характером пространственного распределения силы света у данного источника	ЛН и ГЛ	[9, 3.22, 3.23]

Продолжение табл. 3.5

Измеряемая величина	Основные условия измерений	Методы измерения, основной принцип	Используемая аппаратура, основные варианты измерений и расчетов	Основные допущения, условия измерений	Область применения	Литературные ссылки, рисунки
			Основные расчетные формулы: $\Phi = 2\pi l^2 \left[\sum_0^{180} E_i \left(\frac{\cos e_{i-1} - \cos e_{i+1}}{2} \right) \right]$, где члены в скобках — «угловые коэффициенты» — телесные углы при выбранных линейных углах e_i; $\Phi = \frac{4\pi l^2}{n} \sum_{i=1}^{n} E_i$ расчет при измерениях для n равных телесных углов.			
Световой поток	Полный световой поток внутри угла 4π	Метод относительных измерений в интегрирующем фотометре (светомерном шаре). Измерение освещенности стенки шара в месте, защищенном от прямых лучей источника света	Светомерный шар $\Phi = \frac{n}{n_0} \Phi_0$, где Φ_0 — световой поток светоизмерительной лампы; n_0 — показание фотометра при светоизмерительной лампе; n — показание фотометра при испытуемом СП	Идеально диффузная краска, отсутствие посторонних предметов внутри шара	ЛН и ГЛ, СП	[3.21—3.23]
Яркость	Самосветящие поверхности равномерной яркости	По измерениям освещенности от площадки S определенных размеров на расстоянии l	Люксметры и фотометры различного устройства $L_x = El^2/S$	—	ЛЛ, СП и пр.	
Яркость	Самосветящие поверхности малых размеров равномерной яркости	По освещенности оптического изображения	Люксметры различного устройства $L_x = El^2/S_0 \tau$, где S_0 — площадь отверстия у вспомогательной линзы; τ — коэффициент пропускания линзы; l — расстояние от плоскости отверстия до приемной поверхности — люксметра	—	ЛН, модели черного тела	
Яркость	Поверхности разных размеров, светящие прямым и отраженным светом	Сравнение с известной яркостью L_0 по методу замещения	Яркомеры разных устройств $L_x = \frac{\alpha_x}{\alpha_0} L_0$, где α_x и α_0 — отсчеты по прибору при измерениях L_x и L_0 соответственно	При окрашенных поверхностях, т. е. при излучении в узком спектральном интервале, градуировка прибора должна быть выполнена в соответствующем диапазоне длин волн	Телевизионные трубки, киноэкраны, различные покрытия, светоизлучающие диоды и пр.	
Яркость	Яркость диффузной освещенной поверхности	Косвенное измерение по освещенности E и коэффициенту яркости β	Люксметры $L_x = \beta_x E/\pi$	—	—	

Таблица 3.6. Светоизмерительные приборы — компараторы

Наименование	Литературные ссылки	Определение, устройство, принцип действия	Технические характеристики, (размеры, приспособления, комплектующие устройства)	Назначение, область применения
Фотометрическая (светомерная) скамья	[4—9, 3.22]	Основной принцип действия — применение закона квадратов расстояний. Основная часть — направляющие для размещения и передвижения по ним источников света и приемных устройств, подлежащих измерениям или участвующих в них. Система защитных щитов, диафрагм, занавесок предохраняет рабочее поле от рассеянного света. Обеспечение необходимой точности измерений требует большой механической жесткости всей конструкции	Длина лабораторных образцов составляет от 0,5 до 12—24 м, цена деления шкалы 1 мм, может быть нониусный отсчет. Снабжается: приемным устройством — зрительным или фотоэлектрическим фотометром; оптико-механическими приспособлениями для точной установки источников и приемников света и отсчета расстояний. Выпускаемая скамья ФС-М имеет длину 3 м, цену деления 1 мм	Измерения силы св та (в одном направлении), освещенности, яркости, при испытаниях источников света и приемников излучения. Измерения коэффициентов пропускания и др.
Распределительный фотометр*	[4—9, 3.21, 3.22]	Распределительный фотометр (РФ) — поворотный прибор, обеспечивающий возможность измерений силы света источника и СП в разных направлениях, в пределах четырех или двух квадрантов. В разных конструкциях использованы принципы: неподвижного источника и поворота приемной системы; неподвижных источника и приемного устройства и вращающейся системы зеркал; сочетания поворотов источника и приемной части. В современных РФ перемещения и установка углов автоматизированы. Требуются большая механическая жесткость поворотных частей и высокая точность установки и отсчета углов	Длина рабочего плеча 2—7 м; цена деления круговых лимбов обычно в пределах 1—2°, с погрешностью отсчета не более 0,2—0,5°	Измерения распределения силы света источника света или СП в заданных направлениях
Гониофотометр*	[4—9]	Поворотный прибор для определения индикатрис коэффициента яркости рассеивающих материалов. Обеспечивает в разных конструкциях поворот освещенного образца относительно приемного устройства, или вращение приемной части вокруг образца, или сочетание обоих поворотов, поочередно и совместно	—	Измерение индикатрис коэффициента яркости образцов диффузного и смешанного отражения и пропускания; определение коэффициентов общего отражения и пропускания для рассеивающих свет материалов
Светомерный (фотометрический) шар*	[4—9, 3.21—3.23]	Полый шар, окрашенный внутри однородной белой матовой краской (обычно на основе сернокислого бария), равномерно рассеивающей свет. Сравнение световых потоков источников света и СП, поочередно помещаемых в шар, основано на теоретическом положении о пропорциональности этим потокам освещенности на стенке шара, защищенной от прямых лучей источника. Практическое использование шара для указанных целей осложняется нарушением начальных допущений теории (идеальные свойства краски, отсутствие посторонних предметов и отверстий в шаре и пр.) и требует учета этих нарушений и введения поправок	Диаметры лабораторных шаров, в зависимости от размеров излучателей, подлежащих измерениям, от 0,4 до 5 м. Площади отверстий в измерительном шаре в сумме не должны превышать 0,01 общей площади поверхности шара	Измерение светового потока источников света и СП сравнением со световым потоком светоизмерительных ламп по методу замещения

* Разрабатываются и осуществляются в качестве единичных образцов в отдельных лабораториях.

Таблица 3.7. Основные способы изменения значений световых величин, применяемые в фотометрии

Основная закономерность	Характеристики основных способов изменения значений световых величин						
	Принцип действия, определение	Расчетная формула	Литературные ссылки, рисунок	Характеристика изменений освещенности	Границы практической применимости	Основные источники погрешности	Способы уменьшения и учета возможных погрешностей
Закон квадратов расстояний	Освещенность E_0 в точке поверхности (расположенной перпендикулярно по отношению к падающим на нее лучам света) обратно пропорциональна квадрату расстояния l от этой точки до источника силой света I и размерам, малым по сравнению с l	$E_0 = I/l^2$	[4—9, 3.74], рис. 3.5	Изменяется плавно, но неравномерно. Спектральный состав излучения в пределах видимого спектра не изменяется	Расстояние должно превышать линейные размеры источника света более чем в 10 раз	Поглощение воздуха, рассеянный свет, неточечные размеры источников света по сравнению с l	Измерения в одинаковых условиях; защита от рассеянного света; поправочные коэффициенты для учета размеров и формы источника света
Закон косинусного изменения освещенности	Освещенность E_α (в точке поверхности) при падении световых лучей под углом α с нормалью к поверхности изменяется пропорционально косинусу этого угла	$E_\alpha = E_0 \cos\alpha$	[4—9, 3.74], рис. 3.6	Изменяется плавно, но неравномерно. Спектральный состав излучения, отраженного освещенной поверхностью, может изменяться	—	Изменения с углом освещения коэффициента яркости диффузной приемной поверхности в визуальных приборах. Изменение с углом α чувствительности фотоэлектрических приемников в фотоэлектрических приборах	
Кубическая косинусная зависимость	Освещенность E'_α в точке, удаленной от основания перпендикуляра l, опущенного на поверхность из центра источника света, пропорциональна третьей степени косинуса угла α, под которым световые лучи падают на поверхность в данной точке	$E'_\alpha = E_0 \cos^3\alpha$	[4—9, 3.74], рис. 3.7	То же	—	То же	
Закон Тальбота (прерывистого освещения)	Световой поток, изменяющийся периодически (с частотой, превышающей некоторое критическое значение, за пределами которого исчезает мелькание вызванное перерывами или изменениями в условиях освещения), эквивалентен постоянному световому потоку, усредненному за период: $\overline{\Phi} = \frac{1}{T}\int \Phi(t)dt$ и воспринимается глазом как поток, уменьшенный в определенное число раз. Практически данный способ изменения освещенности на приемном устройстве реализуется путем применения жестких металлических дисков, имеющих секторные отверстия с точно измеренными углами и вращающихся от электродвигателя	$\tau = n\alpha/360°$, где n — число отверстий; α — угловой размер отверстия	[2, 4—9, 3.74]	Изменение E ступенчатое, без изменения спектрального состава излучения независимо от внешних условий работы (температуры, влажности и т. п.)	Наименьшее значение $\tau = 0{,}1 \div 0{,}005$ определяется реальными размерами и погрешностью изготовления и измерений секторных отверстий в диске. Недопустимо применение данного способа с источниками, световой поток которых периодически изменяется. Измерительные цепи фотоэлектрических приемников должны быть линейны и иметь подходящую постоянную времени	Неточность изготовления угловых отверстий; неточность измерений секторных отверстий; отраженный свет от краев отверстий. Косвенное влияние на окружающую аппаратуру от вибрации двигателя и всего устройства	
Неизбирательное пропускание	Прозрачные поглощающие среды (стекло, кварц и пр.), пропускающие свет без рассеяния и изменения спектрального состава излучения, применяются после их поверки на общий коэффициент пропускания для ослабления светового потока в определенное число раз. Применяются стекла марки НС или сетчатые светофильтры, для которых имеются свои ограничения	$\tau = \Phi_\tau / \Phi_0$, где Φ_0 — световой поток, падающий на поверхность образца, а Φ_τ — прошедший сквозь него	[4—9, 3.74]	Изменение E ступенчатое; спектральный состав излучения изменяется более или менее сильно, в зависимости от оптической плотности стекла и его спектрального коэффициента поглощения	Наименьшие значения τ следует ограничивать из-за существенных искажений спектрального состава	Зависимость от температуры; многократные отражения между поверхностью стекла и другими оптическими элементами; спектральная избирательность в значениях τ; запыление поверхности стекла при измерениях; геометрия падающего пучка света (направленный или диффузный)	Поддержание постоянства температуры в помещении; расположение стекол вдали от оптических элементов; расположение под небольшим углом по отношению к падающему световому пучку (при условии измерения τ под таким же углом); применение стекол в условиях их аттестации
Отражение	Отражение света полированными прозрачными диэлектрическими поверхностями определяется формулами Френеля; при наклонном падении светового пучка отраженный свет частично поляризуется. Для непрозрачных отражателей коэффициент отражения зависит от состояния полировки, частоты падающего света, плоскости поляризации и угла падения света	$\rho = \Phi_\rho / \Phi_0$, где Φ_ρ — отраженный световой поток, а Φ_0 — падающий световой поток. $\rho_0 = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$; $\rho_\perp = \left[\frac{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2)}\right]^2$; $\rho_\parallel = \left[\frac{\operatorname{tg}(\varphi_1 - \varphi_2)}{\operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)}\right]^2$, где n — показатель преломления; φ_1 и φ_2 — углы падения и преломления.	[4—9, 3.74, 3.153]	Ступенчатое изменение освещенности	Изменение спектрального состава отраженного света. Изменение распределения яркости в отраженном пучке. Поляризация отраженного света	Зависимость чувствительности приемника от состояния поляризации света. Зависимость общего коэффициента отражения от углов падения света и от взаимного расположения поверхностей. Неоднородность свойств отражающей поверхности, искажающая спектр и распределение яркости в отраженном пучке	Применение ослабителя из двух отражающих пластин, взаимно перпендикулярных друг другу и работающих при одинаковых углах падения света
Изменение площади светящей поверхности или сечения светового пучка	Освещенность от равномерно светящей площадки одинаковой яркости L по всей поверхности пропорциональна площади A этой поверхности. Световой поток, равномерно распределенный в пучке некоторого сечения, пропорционален площади A этого сечения. Изменение площади A изменяет освещенность или световой поток	$E = \frac{LA}{l^2}$; $\Phi = KA$	[4—9, 3.74]	Изменение освещенности плавное, но неравномерное	Минимальные размеры диафрагмы определяются чувствительностью измерительной установки, ошибками из-за дифракции, точностью измерений A; наибольшие допустимые размеры зависят от равномерности распределения яркости и соотношения наибольшего размера площадки с расстоянием до освещаемой поверхности l	Неравномерность распределения яркости в пучке или по поверхности. Ошибки измерительных диафрагм, изменяющих выделенную площадь	Проверка равномерности распределения яркости, введение поправок. Проверка и учет ошибок измерительных диафрагм

Таблица 3.8. **Некоторые визуальные светоизмерительные приборы**

Наименование	Тип прибора	Устройство, принцип действия	Пределы измерений: основной	Пределы измерений: дополнительный	Погрешность, %	Литературные ссылки, рисунки	Способы градуировки, поверки	Назначение, область применения
Фотометрическая головка	В комплекте фотометрической скамьи ФС-М	Основу составляет кубик из двух стеклянных призм, соединенных гипотенузными гранями на оптическом контакте. Рисунок, гравированный на одной из граней, определяет вид двух полей сравнения и условия работы каждого из них в проходящем или отраженном свете	Рекомендуется яркость полей сравнения в пределах 5—80 кд/м²	—	Погрешность уравнивания яркостей в пределах 0,1—3 % в зависимости от близости спектрального состава излучения двух полей, от числа и опытности наблюдателей	[4—9], рис. 3.8		Служит для создания смежных полей сравнения и применяется для уравнивания их яркостей при компарировании параметров источников света, подлежащих измерениям
Визуальный лабораторный фотометр малых яркостей	ВФМ-57	Основные узлы: измерительная головка на стойке, включающая оптические части, шаровой осветитель и сменные светофильтры, и питающее устройство. Принцип работы — визуальное уравнивание яркости полей сравнения особого вида и размера (28'). Уравнивание осуществляется с помощью нейтрального клина за счет изменения яркости внутреннего поля сравнения	$5\cdot10^{-5}$—5 кд/м²	$5\cdot10^{6}$ кд/м²	В белом свете 2—5 %; В цветном свете 10 %	[10]	По свету лампы накаливания с $T_{цв}$ равной 2042 К. Экспериментальное определение для излучения различного спектрального состава—градуировочных графиков путем ослабления яркости измеряемого поля посредством нейтральных светофильтров и вращающегося поглотителя	Основное назначение — измерение эквивалентных яркостей. Измерение яркости красок, люминофоров экранов электронно-лучевых трубок и др.

Таблица 3.9. **Основные физические светоизмерительные приборы**

Наименование прибора	Обозначение, тип прибора	Серийность выпуска	Устройство, принцип действия	Условия работы и технические характеристики	Пределы измерения: основной	Пределы измерения: дополнительный	Погрешность, %: основная	Погрешность, %: дополнительная	Рисунок	Способы градуировки и поверки	Назначение, область применения
Люксметр	Ю-116	+	Выносной селеновый фотоэлемент с магнитоэлектрическим прибором. Сменные насадки фотоэлемента расширяют пределы измерений и корректируют угловую чувствительность	Температура окружающего воздуха 10—35 °С. Относительная влажность 80 % при 20±5 °С	5—100 лк	50—100 000 лк	±10%	±15 %. Косинусная погрешность: ±7 %; ±10 %; ±15 %. Температурная погрешность: ±10 %/10 °С	—	—	Контроль освещенности от ЛН и при естественном освещении
Люксметр	Ю-117	+	То же с транзисторным усилителем для измерений малых освещенностей	То же	0,1—100 лк	1,7—100 000 лк	±30%; ±15%; ±10%	То же	Рис. П1, *а*	—	То же
Люксметр	Ю-15	Снят с производства	Малогабаритный прибор с фотоэлементом, встроенным в корпус магнитоэлектрического прибора	—	До 500 лк	—	15%	—	Рис. П1, *б*	—	Инспекторские определения освещенности
Люксметр	Ю-16	Снят с производства	Выносной селеновый фотоэлемент с магнитоэлектрическим прибором. Съемная насадка расширяет пределы измерений	Температура окружающего воздуха 10—35 С. Относительная влажность до 80 %. Приближенные поправочные коэффициенты: для ЛЛ типа ЛД — 0,9; для ЛЛ типа ЛБ — 1,1 и для естественной освещенности — 0,8	До 500 лк	До 50 000 лк	±10	±15. Косинусная погрешность не нормирована. Температурная погрешность: ⩽±2 %/10 °С	—	Ступенчатое изменение освещенности посредством револьверных дисков с фильтрами на градуировочной установке. Проверка: изменение освещенности от светоизмерительных ламп накаливания на основе закона квадратов расстояний; сравнение с образцовым люксметром в установке с плавным изменением освещенности	Измерения освещенности от ЛН, ЛЛ и естественного дневного света
Люксметр	Ю-17	Снят с производства	Выносной селеновый фотоэлемент с магнитоэлектрическим прибором. Косинусная встроенная насадка	Температура окружающего воздуха от —10 до +35 °С; относительная влажность до 80 % при +20±5 °С.	До 100 лк	—	±10%	Косинусная погрешность: ±7 %; ±15 %. Температурная погрешность: ⩽±10 %/10 °С		То же	Измерения малых освещенностей в помещениях, на открытых площадках и улицах
Люксметр кино проекционный	1ЛКП	+	Выносной селеновый фотоэлемент с микроамперметром	Температура воздуха 5—40 °С. Относительная влажность 80 % при 25 °С: источники света: ЛН, дуговые угольные, ксеноновые лампы; освещение прерывистое с частотой 50±5 Гц	25—150 лк	100—500 лк	±5%; ±10%	±5 %. Температурная погрешность 10 %/10 °С; 15 %/10 °С. Косинусная погрешность ⩽3 % при 25 °С		Поверка по лампам накаливания с $T_{цв}$ =2800± ±100 К; освещение прерывистое, с частотой обтюратора 50±5 Гц, коэффициент пропускания 55±2 %	Контроль освещенности киноэкранов
Люксметр	ЛМ-3	+	Выносной селеновый фотоэлемент с микроамперметром	Температура воздуха 10—35 °С; относительная влажность до 80 % при 20±5 °С. Угол световосприятия 2×75°	30—250 лк	100—500 лк	±10%	±15 %. Температурная погрешность ⩽±15 %/10 °С. Косинусная погрешность ⩽±7,5 % при 25 °С		По источникам света с $T_{цв}$ =2800±100 К	То же
Фотометр постоянных источников света	ФПИ	+	Оптический блок прибора включает приемную часть с оптическими поглотителями и сменные насадки — свечемерную и яркомерную. Блок питания и регистрации обеспечивают измерение фототока с изменением чувствительности прибора в 10 и 100 раз	Рабочие условия: 10—35 °С, относительная влажность 65 % при 25 °С; питание 220±22 В переменного тока	Ориентировочно 5×10^{-4} кд; 0,1 кд/м²	10^{6} кд 10^{10} кд/м²	±10% Невоспроизводимость повторных измерений ⩽±2%	На пределе 0,01 прибора ⩽5%; от призменного поглотителя ⩽5 %; от оптических поглотителей ±3 %. Отклонение от $V(\lambda)$ ±15 %. Температурная погрешность в рабочих пределах ±10 %	Рис. П1.8	Контрольный осветитель с двумя лампами накаливания служит для периодической проверки цены деления фотометра	Измерение силы света и яркости источников света, самосветящих и отражающих падающий на них свет, имеющих сплошной спектр излучения, не изменяющихся в течение измерений

Продолжение табл. 3.9

Наименование прибора	Обозначение, тип прибора	Серийность выпуска	Устройство, принцип действия	Условия работы и технические характеристики	Пределы измерения: основной	Пределы измерения: дополнительный	Погрешность, %: основная	Погрешность, %: дополнительная	Рисунок	Способы градуировки и поверки	Назначение, область применения
Фотометр фотоэлектрический постоянного излучения переносной	ФПЧ	+	Содержит два основных блока: фотометрическую головку с ФЭУ и блок питания и управления для измерений фототока. Спектральная чувствительность исправлена	Нормальные условия работы: 20±5 °С; относительная влажность 65±15 % при 5—35 °С; возможны работы внутри помещений и кратковременно на открытом воздухе	Ориентировочно $2 \cdot 10^{-2}$ — 50 кд/м². Диаметры площадок при измерениях яркости: 0,1; 0,5; 1,0; 5,0 мм	$5 \cdot 10^4$ кд/м²	±10%	Температурная погрешность в рабочих условиях температур ≤±15 %; погрешность от колебаний напряжения сети ±2 % при ±22 В		Контрольный осветитель с двумя лампами накаливания служит для периодической проверки цены деления фотометра	Измерение яркости источников со сплошным спектром излучения, не изменяющихся в течение времени измерений. Применим для измерений яркости светоизлучающих диодов, экранов электронно-лучевых трубок, для измерений освещенности различных объектов
Яркомер кинопроекционный	2ЯКП	+	Ручной переносный прибор прямого отсчета. Приемник — фоторезистор в цепи электрического моста с показывающим прибором. Оптическая схема обеспечивает точное наведение прибора на объект измерений во время отсчета. Спектральная чувствительность исправлена	Рабочие условия: 5—40 °С; относительная влажность 40—80 %; расстояние 2,5—100 м	10—75; 40—300; 200—1500 кд/м²		При 20°С ±10%; ±15%; ±15%	Спектральная погрешность ±2,5 %; температурная погрешность ±5 %/10 °С		По светоизмерительной лампе накаливания с $T_{цв} = 2800 \div 100$ К. Частота прерывания света 50+5 Гц при τ поглотителя 50—55 %	Измерение яркостн в отдельных точках киноэкранов
Шаровой фотоэлектрический фотометр	ФМШ-56М	+	Двухлучевой фотометр с измерительным и компенсационным фотоэлементами, работающими от одного источника. Измерительным инструментом являются диафрагмы переменного раскрытия. 13 сменных светофильтров позволяют вести измерения согласно значениям $V(\lambda)$ или в узких спектральных интервалах	—	100—10 % 360—1000 им		ρ — относительный метод 1%; абсолютный метод 10%; τ — абсолютный метод 3%		Рис. П1, г	Правильность показания поверяется сравнением с образцовыми пластинками коэффициента отражения и по аттестованным наборам нейтральных стекол	Измерение коэффициентов отражения ρ и коэффициентов пропускания τ
Фотометр	ФМ-89-М	+	Включает несколько блоков, применяемых в сочетаниях разного назначения. Прибор двухлучевой, с двумя фотоэлементами, освещенными одновременно одной импульсной лампой ИСК-25. Набор оптических поглотителей и пределы изменения электрической чувствительности измерительного блока расширяют пределы измерений до 6 порядков	10÷35 °С; относительная влажность не более 70 %; 220±22 В, 50±0,5 Гц	τ—0,997—0,1	τ— до $3 \cdot 10^{-6}$; ρ — до $5 \cdot 10^{-4}$	0,4—0,8%			Сравнение с образцовыми пластинками коэффициента отражения; проверка значения τ прозрачных стекол	Измерение коэффициентов направленного пропускания τ и коэффициентов отражения ρ
Визуально-фотоэлектрический фотометр	ФМ-58	+	Использован метод уравнивания двух световых потоков путем изменения их с помощью диафрагм с переменным отверстием. Оптический переключатель применен для поочередного введения фотоэлектрической или визуальной головки	—	100—5 %	—	Визуальный метод — 3—8%; фотоэлектрический — 1,5—10%	Погрешности возрастают при измерении окрашенных образцов	—	—	Измерение коэффициентов яркости, блеска, пропускания
Фотометр отражения	ФО-1	+	В измерениях коэффициента отражения использован метод Тейлора	—	ρ и τ от 5 до 100 %	—	Основная абсолютная погрешность измерений 1—5%	Температурная погрешность измерений в пределах от 10 до 35 °С не более 0,5 основной абсолютной погрешности. То же для дополнительной погрешности от изменения напряжения сети на 220В	—	—	Измерение коэффициентов отражения диффузных, зеркально-диффузных и зеркальных образцов и коэффициентов пропускания. Применяются для определения качества продукции

Глаз реагирует на яркость, но человек может судить лишь о равенстве или неравенстве яркости различных предметов. Отсюда устройство визуального фотометра сводится к созданию двух смежных полей сравнения, наблюдаемых глазом, а процесс измерений — к уравниванию их яркости, при котором применяют те или другие способы количественного измерения световых величин (табл. 3.6). Необходимость второго поля сравнения приводит в установках визуальных фотометров к неизбежному применению вспомогательного ИС — отдельной лампы сравнения.

Физические приемники излучения реагируют на поток излучения, падающий на их поверхность, а следовательно, на освещенность на приемной площадке. Их

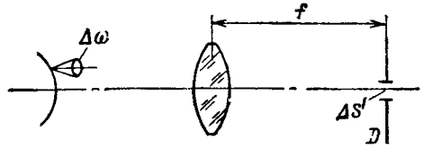


Рис. 3.4. Оптическая схема телецентрической системы для измерения силы света.

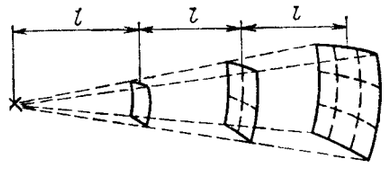


Рис. 3.5. К пояснению закона квадратов расстояний.

реакцию — фототок, фото-ЭДС, термо-ЭДС и т. п. — можно измерять внешними измерительными приборами. Простейшее устройство фотоэлектрического фотометра — это приемник с подключенным к нему электроизмерительным прибором. Фотоэлектрический фотометр позволяет вести прямые измерения сравниваемых потоков излучения. С повышением требований к точности измерений усложняются устройство фотоэлектрического фотометра и способы его применения: прямые измерения заменяются методами компенсации и замещения, работой на одном уровне освещенности, уравниванием реакции и т. п. Переход к измерению световых величин для физических приемников требует исправления их спектральной чувствительности согласно принятым характеристикам глаза [3.3].

В области световых измерений глаз играет двойную роль: приемника, определяющего их цель, и приемника, выполняющего сами измерения. Значение первой роли глаза неизменно, оно заставляет продолжать исследования его свойств с целью обеспечить лучшее соответствие результата измерений зрительному восприятию. Значение глаза как средства измерений упало с развитием физических приемников, и визуальные приборы для прямого определения световых величин применяются теперь редко, хотя и не исключены полностью.

При близком спектральном составе сравниваемых излучений глаз имеет высокую чувствительность различения и погрешность измерений с его помощью невелика. В области сумеречного зрения, для которой пока не приняты значения для относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения, по существу должны применяться именно зрительные приборы. Визуальные методы измерения малых (эквивалентных) яркостей изложены в [10].

Основные преимущества фотоэлектрических фотометров — возможность быстрых измерений и применения автоматики для записи и одновременных расчетов (с соответствующим увеличением скорости и объема

получаемой информации), сокращение числа наблюдателей, хорошая воспроизводимость при определенных условиях. Вместе с тем зависимость метрологических характеристик физических приемников от ряда факторов (спектра излучения, уровня получаемого потока излучения, распределения его по поверхности, длительности работы, поляризации света, температуры приемника, его утомления, характера нагрузки, угла падения световых лучей и пр.), а также разброс этих характеристик

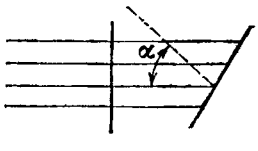


Рис 3.6 К пояснению зависимости освещенности от угла падения лучей на поверхность.

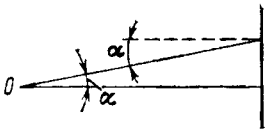


Рис 3.7. К пояснению зависимости освещенности от точечного изотропного источника света от угла падения лучей на плоскую поверхность.

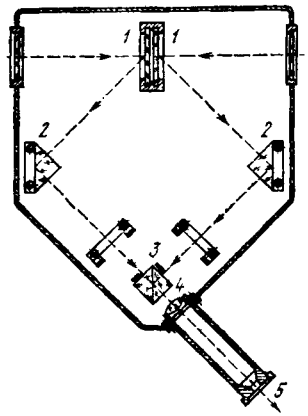


Рис. 3.8. Схема фотометрической головки для визуальных измерений.

Сравниваемые излучения падают на диффузно отражающие пластинки *1*, яркость пластинок наблюдается через отражающие призмы *2*, кубик *3*, окуляр *4* и зрачок *5*.

среди образцов каждого выбранного типа приемников являются источниками погрешностей измерений посредством фотоэлектрических фотометров.

В погрешностях световых измерений следует различать ошибки разного рода: принципиального характера, связанные с объектами измерений, с общими методами и средствами измерений, а также обусловленные характеристиками и свойствами применяемых специфических средств измерений. Требуется выделять способы учета, исключения или предотвращения ошибок измерений в разных случаях.

Практическая оценка качества и точности измерений исходит из соответствия их результата значениям световой величины, рассчитанным на основе принятых значений $V(\lambda)$. Ошибки, связанные с отклонениями от этих значений, могут иметь место как в визуальных, так и в фотоэлектрических фотометрах.

Ошибки, связанные с объектами измерений, определяются зависимостью их световых параметров и характеристик от разных факторов: для источников света (I, Φ, L) — от напряжения питания, от окружающей температуры; для светотехнических материалов (ρ, β, τ) — от углов падения и фотометрирования светового пучка, от спектрального состава облучения; для условий освещения — от рассеянного света, пропускания и отражения элементов среды.

Из общих методов измерений для фотометрии наибольшее значение имеют измерения длины (расстояний), площадей, углов, электрических величин и температуры.

Ошибки специфических средств измерений обусловлены их собственными метрологическими характеристиками.

Для снижения перечисленных ошибок должны применяться известные приемы: экспериментальное определение поправок к характеристикам применяемых средств измерений; экспериментальное изучение и улучшение обстановки измерений; применение способа замещения возможно полным и строгим образом; соблюдение установленных требований и условий измерений.

3.2.3. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Энергетические измерения интегральных по спектру параметров ОИ [3.80—3.85] опираются на эталон и общесоюзную поверочную схему [3.12]. Государственный эталон энергетической освещенности E_e построен на основе модели черного тела и применяется для передачи размера единицы E_e рабочим эталонам сличением при помощи компаратора — неселективного приемника излучения (полостного термостолбика типа ПП-1). В качестве рабочих эталонов, образцовых и рабочих средств измерений применяют излучатели (светоизмерительные лампы типов СИС 107-1000 и СИС 107-1500, полостные лампы типа «черное тело») и неселективные по спектру приемники оптического излучения (полостные термостолбики типа ПП-1, пироэлектрические приемники).

Принцип измерения состоит в сравнении E_e от излучателя (рабочего средства измерений) и от изучаемого источника оптического излучения при помощи неселективного приемника. Для источников, которые можно считать точечными, по энергетической освещенности E_e площадки, расположенной перпендикулярно лучам на расстоянии l, можно рассчитать энергетическую силу света (силу излучения) по закону квадратов расстояний:

$$I_e = E_e l^2.$$

Для измерения энергетической освещенности в спектральной области λ_1—λ_2 (фотосинтезной, эритемной, бактерицидной и др.) применяют приборы с селективными приемниками, спектральный интервал чувствительности которых должен возможно точно совпадать с интервалом λ_1—λ_2. При сравнении такими селективными приборами излучений с различным спектральным распределением необходимо учитывать поправочные множители, обусловленные отступлением спектральной чувствительности $s(\lambda)$ прибора в интервале λ_1—λ_2 от постоянной и отличием $s(\lambda)$ от нуля вне этого интервала.

Среднеквадратичные отклонения результатов поверки рабочих средств измерений по [3.12] достигают 2 %. При выполнении энергетических измерений спектрально селективными приборами погрешности градуировки и измерений могут быть существенно бо́льшими.

Методы измерений спектрального распределения ОИ достаточно подробно изложены в [3.25, 3.26] и опираются на государственные эталоны [3.13, 3.14]. Хотя первые два стандарта отнесены только к газоразрядным лампам, изложенные в них методы измерений можно распространить и на другие источники.

Для измерения относительного спектрального распределения источников излучения используется метод сравнения спектрально разложенного излучения исследуемого источника с излучением рабочего средства измерений, аттестованного по спектральному распределению. В качестве образцовых и рабочих средств измерения применяют ленточные лампы типов СИ 10-300У, СИ 8-200У и др., полостные лампы типа «черное тело», светоизмерительные лампы типов СИС в диапазоне 0,25—2,5 мкм и газоразрядные дейтериевые лампы типов ДДС-400, ДДС-150, ДДС-30 и др. в диапазоне 0,16—0,25 мкм. При градуировке спектральных установок необходимо учитывать, что ленточные и дейтерие-

вые лампы аттестуются по спектральной плотности энергетической яркости.

Спектральная плотность излучения источников сравнивается на установке, основной частью которой является моноxроматор с приемником излучения. Применяются монохроматоры типов УМ-2, ЗМР-3, МДР-3, МДР-23 и др. Для выполнения спектральных измерений повышенной точности необходимо применять двойные монохроматоры типа МДР-1 (СДЛ-1), ДМР-4, двойной монохроматор спектрофотометра СФ-8, в которых практически отсутствует рассеянный свет посторонних длин волн.

Измерение спектральной чувствительности приемников ОИ необходимо для их метрологической аттестации в качестве измерительных преобразователей. Методы измерения спектральной чувствительности стандартизованы [3.28, 3.29], и сущность их состоит в сравнении чувствительностей изучаемого и аттестованного приемников ОИ к излучению в узких спектральных интервалах $\Delta\lambda$. Для выделения ОИ стабильных источников в интервалах $\Delta\lambda$ рекомендуется применять монохроматоры. Стабильные приемники излучения, применяемые в качестве образцовых и рабочих средств измерений, аттестуются по спектральной чувствительности институтами Государственного комитета стандартов.

3.2.4. ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

В фотометрии непрерывных источников ОИ измеряются главным образом световые величины. Так как импульсные излучатели применяются не только во взаимодействии с глазом, то в импульсной фотометрии практика все настоятельнее требует измерения энергетических параметров в различных четко ограниченных спектральных интервалах, для которого нужны весьма точные спектральные поглотители и безынерционные неселективные приемники излучения.

В технической документации, однако, принято характеризовать импульсные излучатели световыми, а не энергетическими параметрами, что обусловлено следующими причинами: существует детально разработанная международная система световых измерений, опирающаяся на государственные световые эталоны; световые параметры в совокупности с типовыми спектральными характеристиками достаточно однозначно характеризуют эффективность широко распространенных ксеноновых ламп в наиболее интересных для практических применений видимой и прилегающей к ней областях спектра; энергетическая фотометрия импульсных источников некогерентного излучения еще находится в стадии становления и пока не обеспечена официально аттестуемыми измерительными средствами.

Стандартизованные методы измерения световых параметров импульсных источников [3.24] основаны на применении фотоэлектрических приемников излучения, спектральная чувствительность которых корригируется исправляющим поглотителем под относительную спектральную чувствительность глаза [3.3] (подробное рассмотрение вопросов, относящихся к импульсной фотометрии на базе фотоэлектрических приемников, имеется в [3.86], которая рекомендуется в качестве основной литературы). Вопросы импульсной фотометрии рассмотрены также в книге [31], содержащей соответствующую библиографию, и сборниках статей [3.87].

Оптическая схема фотоприемного устройства определяется главным образом пространственными параметрами измерительной задачи — размерами светящего тела и подлежащей измерению световой величиной (сила света, яркость, освещенность и др.). При измерении характеристик излучения импульсных ламп необходимо учитывать, что форма и длительность импульсов их излучения различны для различных частей светящего тела и зависят от направления наблюдения и длины волны. Так, не одинаковы длительности и формы импульсов яркости и силы света шаровых импульсных ламп. Существенно различны также длительности и формы импульсов спектральной линии и прилегающего к ней фона излучения газоразрядных ламп.

Сила света $I(t)$ (в различные моменты времени) и освечивание Θ определяются двумя способами: путем измерения освещенности $E(t)$ и экспозиции H или путем прямого измерения с помощью телецентрической оптической системы. В первом случае косвенного определения $I(t)$ и Θ на расстоянии l от середины светящего объема фотометром измеряются $E(t)$ и H, а затем делается расчет по соотношениям для точечных источников света: $I(t) = E(t)\,l^2$; $\Theta = Hl^2$. Погрешность этих соотношений не превышает 1 % на расстояниях, превышающих 10 наибольших размеров светящего тела источника. Телецентрический метод измерения $I(t)$ и Θ аналогичен описанному в табл. 3.5.

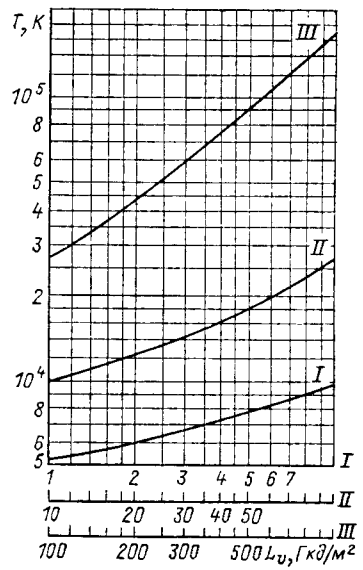


Рис. 3.9. Зависимость между температурой T и яркостью L_v черного тела.

Сущность метода измерения яркости $L_v(t)$ и интегральной яркости $\Lambda_v = \int L_v(t)\,dt$ состоит в измерении освещенности $E(t)$ и экспозиции H создаваемого объективом оптического изображения светящего тела (см. табл. 3.5). Независимо от положения перемещаемого при фокусировке объектива изображение создается лучами в пределах неизменного телесного угла, ограничиваемого неподвижной апертурной диафрагмой, поэтому $E(t)$ и H диафрагмы пропорциональны соответственно $L_v(t)$ и Λ_v фотометрируемой части источника. Такая система имеет неизменную градуировочную характеристику. Если диафрагма отсутствует, то фотометр необходимо градуировать после каждой перефокусировки. Определение $L_v(t)$ и Λ_v возможно и без фокусирующей оптики путем измерения $E(t)$ и H на расстоянии l от ограниченной калиброванной диафрагмой части фотометрируемого источника (см. табл. 3.5). Для возможно более четкого ограничения фотометрируемой площадки диафрагма должна располагаться предельно близко к светящему объему источника.

Для определения яркостной температуры импульсных ламп, обладающих практически сплошным спект-

Таблица 3.10. Параметры отечественных импульсных фотометров промышленного производства [3.86, 31]

Модель	Измеряемые величины	Пределы измерений	Длительность импульсов, с	Частота повторения импульсов, Гц	Тип фотоприемника	Размер светящего тела, мм	Тип индикатора	Основная погрешность измерений, %
СМИ	Θ_v	$10—5\cdot10^5$ кд·с	$10^{-5}—1$	0	Ф-13	<200	Стрелочный	15
ФИМ	I_{vmax}	$5\cdot10^2—10^7$ кд	$10^{-7}—10^{-2}$	0	Ф-22	<80	Цифровой и выход на осциллограф	20
	Θ_v	$1—10^7$ кд·с				<80		
	L_v	$2\cdot10^5—10^{13}$ кд/м²				>0,2		
	$\int L_v dt$	$6\cdot10^3—10^6$ кд·с/м²				>0,2		
	Форма импульсов							
ФИС	I_{vmax}	$5\cdot10^4—10^8$ кд	$10^{-7}—10^{-2}$	$0—3\cdot10^3$	Ф-22	<80	Шкала, цифровой и выход на осциллограф	20
	Разброс импульсов							
	Форма импульсов							
ИМО-2	H_e	$10—10^5$ Дж·м$^{-2}$	$10^{-6}—1$	0	Конический калориметр	—	Стрелочный	10
ИСИ**	I_{vmax}	$3\cdot10^5$ кд	$3\cdot10^{-6}$	1/15	—	40	Счетчик числа импульсов	5
		$7\cdot10^5$ кд	$3\cdot10^{-4}$			2,5		

* С калиброванной диафрагмой на входе калориметра.
** Импульсный светоизмерительный источник.

ром излучения в видимой области, можно пользоваться зависимостью между температурой и яркостью черного тела (рис. 3.9). Если оптическая плотность зондируемого фотометром столба разряда в импульсной лампе достаточно велика, то яркостная температура может быть принята за температуру плазмы.

Определение светового потока $\Phi(t)$ и световой энергии Q возможно двумя методами (см. табл. 3.5): с помощью интегрирующего шарового фотометра и по пространственным распределениям силы света и освечивания. Сущность первого метода состоит в измерении освещенности $E(t)$ и экспозиции H на внутренней поверхности фотометрического шара, пропорциональных соответственно $\Phi(t)$ и Q. Сущность второго метода определения, например Q, состоит в численном интегрировании пространственного распределения освечивания Θ — индикатрис освечивания в различных плоскостях, измеряемых на распределительном фотометре. Лампа или фотоприемник поворачивается распределительным фотометром на фиксированные углы вокруг центра светящего объема, и после каждого поворота по нескольким вспышкам определяется среднее освечивание в данном направлении. Определение полных индикатрис освечивания по нескольким десяткам или сотням последовательных вспышек возможно в силу хорошей воспроизводимости параметров импульсов излучения. По индикатрисам подсчитывается эквивалентный телесный угол $\Omega_э$ [8], который обычно считается неизменным для данных типа и режима работы лампы; световая энергия Q определяется путем умножения измеренного освечивания Θ на $\Omega_э$.

Сигнал, вырабатываемый приемниками излучения в описанных выше фотометрических устройствах, регистрируется различными электроизмерительными приборами и устройствами, принципы работы которых подробно рассмотрены в [3.86, 3.87]. Для получения временных зависимостей параметров излучения обычно применяются осциллографы (запоминающие или с фотографическими приставками). Пиковые реакции приемников измеряются осциллографами, специальными электронными устройствами, импульсными пиковыми вольтметрами, а также анализаторами и дискриминаторами импульсов. Для измерения интегральных за импульс реакций приемников применяются электронные устройства с входными накопительными конденсаторными ячейками или баллистические гальванометры. Градуировочные характеристики импульсных фотометров определяются с помощью светоизмерительных ламп сравнения.

Параметры выпускаемых отечественной промышленностью фотометров для импульсных ламп представлены в табл. 3.10. Кроме того, широкое применение находят импульсные фотометры (импульсные люксметры и экспозиметры), состоящие из фотометрической головки и стандартной электроизмерительной аппаратуры (осциллографов, пиковых вольтметров и баллистических гальванометров). В металлическом корпусе головки помещаются приемник излучения (фотоэлемент или фотодиод) и исправляющие его спектральную чувствительность поглотители. Перед входным окном головки устанавливаются сменные ослабители света. По такому же конструктивному принципу построены портативные многопредельные приборы с кремниевым фотодиодом (например, прибор 40Х OPTO-METER американской фирмы «Юнайтед детектор технолоджи»), предназначенные для измерений не только освещенности и экспозиции, но и энергетической освещенности и энергетической экспозиции в спектральном интервале 450—910 нм.

В процессе измерений приемник излучения и все электроизмерительные цепи импульсных фотометрических устройств необходимо тщательно экранировать от электромагнитных помех, вызываемых разрядом через импульсную лампу. Отсутствие влияния помех подтверждается нулевым сигналом при полностью закрытом непрозрачным неметаллическим экраном входном окне фотометра.

Спектральные распределения излучения импульсных ламп измеряются методами, аналогичными стандартным методам для газоразрядных источников света непрерывного горения [31, 3.25, 3.26, 3.80, 3.81]. Отличия состоят только в регистрирующей аппаратуре, включающей в себя импульсные электроизмерительные приборы. Спектральные распределения излучения импульсных ламп получаются путем последовательного измерения спектральной плотности излучения на фиксированных длинах

воли (или фиксированных спектральных интервалах) для отдельных вспышек или — при частотном режиме работы лампы — для пакетов импульсов.

Методы количественной фотографической спектрофотометрии импульсных ламп применяются сравнительно редко (чаще фотографическая регистрация применяется для получения разверток спектров во времени).

Методы измерения параметров излучения полостных ламп пока разработаны недостаточно. Кроме шаровых и цилиндрических фотометрических зондов для оценки эффективности работы полостных ламп с активными телами лазеров используется излучение люминесценции этих активных тел или тепловое расширение жидких активных сред.

Для измерения энергетических параметров импульсных ламп в качестве радиометров, как правило, применяют тепловые приемники излучения (термостолбики и калориметры). Конический калориметр для измерения энергии узконаправленного излучения импульсного лазера может быть превращен в высокоточный измеритель энергетической экспозиции от импульсных ламп путем установки на его входе калиброванной диафрагмы. Замкнутые калориметры применяют для измерения полной энергии излучения импульсных ламп.

Фотометрирование импульсных ламп, работающих в частотном режиме ($f \geqslant 50$ Гц), можно осуществить визуально, методом полей сравнения, используя лампу непрерывного горения (ЛН). Однако из-за сильно различающихся цветов полей сравнения точность измерений получается низкой.

Погрешности измерений параметров излучения импульсных ламп сильно зависят от процедуры и условий проведения измерений. Например, при наличии комплекса измерительных средств и образцовых источников, позволяющих провести градуировку фотометра или радиометра непосредственно перед измерениями и исключить основную часть систематических ошибок, связанных с отступлениями спектральной чувствительности от заданной (стандартной) и различиями спектрального распределения излучения образцового и исследуемого источников, световые и энергетические импульсные измерения в лабораторных условиях могут быть выполнены с погрешностью около 10 %. Выполнить измерения с погрешностью 5 % трудно. Практически в большинстве случаев ошибка измерений находится в пределах от 10 до 20 % (небольшая оплошность в технике измерений легко может привести к ошибке более 50 %).

3.3. КОЛОРИМЕТРИЯ

3.3.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛОРИМЕТРИИ

Законы смешения цветов. Цветовое пространство. В колориметрическом понимании цвета как физической величины понятию «цвет» дается следующее определение: «Цвет есть трехмерная векторная величина, характеризующая группу излучателей, визуально неразличимых в колориметрических условиях наблюдения» [27]. В этом определении уже отражены принципы классификации и измерения цветов. Цветовая метрика основывается на законах смешения цветов, установленных Грассманом.

Согласно первому основному закону Грассмана любой цвет может быть составлен путем смешения в различных пропорциях трех цветов, каждый из которых нельзя получить смешением двух других. Иначе говоря, цвет определяется тремя независимыми переменными, составляющими равенство вида

$$\mathbf{C} = R[\mathbf{R}] + G[\mathbf{G}] + B[\mathbf{B}], \qquad (3.5)$$

где [R], [G], [B] — единичные количества основных цветов системы измерения; R, G, B — доли единичных основных цветов, обеспечивающие цветовое равенство, т. е. координаты данного цвета.

Значения координат цвета могут быть как положительными, так и отрицательными, поскольку в некоторых случаях для получения цветового равенства требуется прибавление к измеряемому цвету одного или двух основных цветов.

Второй закон смешения цветов говорит о непрерывности изменения цвета при непрерывном изменении спектрального распределения излучения.

Согласно третьему закону смешения цвет смеси зависит только от цветов смешиваемых компонентов и не зависит от их спектральных составов, т. е. один и

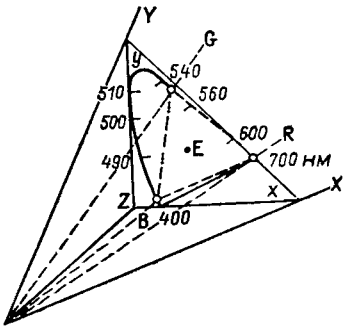


Рис. 3.10. Цветовые пространства *RGB* и *XYZ*.

тот же цвет может иметь излучение различных спектральных составов (такое свойство излучений называется метамеризмом). Из этого закона следует, что координаты цвета смеси равны суммам координат смешиваемых цветов.

Таким образом, из законов Грассмана вытекает представление о векторе цвета, три составляющие которого (3.5) имеют общее начало и разные направления в пространстве. Цвет может быть представлен как диагональ параллелепипеда, построенного на этих составляющих. Совокупность трехмерных векторов цвета составляет цветовое пространство (рис. 3.10). Каждому цвету соответствует лишь один вектор в цветовом пространстве. Цвета, располагающиеся на одной прямой, исходящей из начала координат, т. е. различающиеся между собой лишь по интенсивности, характеризуются одной и той же цветностью. Цветность, таким образом, указывает направление вектора цвета в пространстве и определяется двумя координатами.

Для изображения координат цветности используется цветовой треугольник, который представляет собой сечение трехкоординатного пространства плоскостью, проходящей через единичные цвета выбранной системы измерения. Координаты цветности — относительные величины, определяющие положение точки в треугольнике.

Колориметрические системы. Расчет цвета

Выбор трех основных цветов системы помимо условия линейной независимости может основываться на удобстве их использования для решения конкретных задач. Переход от одной системы к другой осуществляется в соответствии с третьим законом Грассмана путем линейного преобразования. Коэффициенты, входящие в матрицу преобразования системы цветовых

Таблица 3.11. **Значения ординат кривых сложения цветов в системе *XYZ* МКО (1931 г.)**

λ, нм	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	λ, нм	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0,0014	0,0000	0,0065	580	0,9163	0,8700	0,0017
385	0,0022	0,0001	0,0105	585	0,9786	0,8163	0,0014
390	0,0042	0,0001	0,0201	590	1,0263	0,7570	0,0011
395	0,0076	0,0002	0,0362	595	1,0567	0,6949	0,0010
400	0,0143	0,0004	0,0679	600	1,0622	0,6310	0,0008
405	0,0232	0,0006	0,1102	605	1,0456	0,5668	
410	0,0435	0,0012	0,2074	610	1,0026	0,5030	0,0006
415	0,0776	0,0022	0,3713	615	0,9384	0,4412	0,0003
420	0,1344	0,0040	0,6456	620	0,8544	0,3810	0,0002
425	0,2148	0,0073	1,0391	625	0,7514	0,3210	0,0002
430	0,2839	0,0116	1,3856	630	0,6424	0,2650	0,0001
435	0,3285	0,0168	1,6230	635	0,5419	0,2170	0,0000
440	0,3483	0,0230	1,7471	640	0,4479	0,1750	
445	0,3481	0,0298	1,7826	645	0,3608	0,1382	
450	0,3362	0,0380	1,7721	650	0,2835	0,1070	
455	0,3187	0,0480	1,7441	655	0,2187	0,0816	
460	0,2908	0,0600	1,6692	660	0,1649	0,0610	
465	0,2511	0,0739	1,5281	665	0,1212	0,0446	
470	0,1954	0,0910	1,2876	670	0,0874	0,0320	
475	0,1421	0,1126	1,0419	675	0,0636	0,0232	
480	0,0956	0,1390	0,8130	680	0,0468	0,0170	
485	0,0580	0,1693	0,6162	685	0,0329	0,0119	
490	0,0320	0,2080	0,4652	690	0,0227	0,0082	
495	0,0147	0,2586	0,3533	695	0,0158	0,0057	
500	0,0049	0,3230	0,2720	700	0,0114	0,0041	
505	0,0024	0,4073	0,2123	705	0,0081	0,0029	
510	0,0093	0,5030	0,1582	710	0,0058	0,0021	
515	0,0291	0,6082	0,1117	715	0,0041	0,0015	
520	0,0633	0,7100	0,0782	720	0,0029	0,0010	
525	0,1096	0,7932	0,0573	725	0,0020	0,0007	
530	0,1655	0,8620	0,0422	730	0,0014	0,0005	
535	0,2257	0,9149	0,0298	735	0,0010	0,0004	
540	0,2904	0,9540	0,0203	740	0,0007	0,0003	
545	0,3597	0,9803	0,0134	745	0,0005	0,0002	
550	0,4334	0,9950	0,0087	750	0,0003	0,0001	
555	0,5121	1,0002	0,0057	755	0,0002	0,0001	
560	0,5945	0,9950	0,0039	760	0,0002	0,0001	
565	0,6784	0,9786	0,0027	765	0,0001	0,0000	
570	0,7621	0,9520	0,0021	770	0,0001		
575	0,8425	0,9154	0,0018	775	0,0000		

Примечание. Яркостные коэффициенты $L_x : L_y : L_z = 0 : 1 : 0$.

координат, являются координатами новых основных цветов в старой системе:

$$\left.\begin{aligned} X &= X_r R + X_g G + X_b B; \\ Y &= Y_r R + Y_g G + Y_b B; \\ Z_g &= Z_r R + ZG + Z_b B. \end{aligned}\right\} \qquad (3.6)$$

Из рис. 3.10 видно, что никакие реально существующие цвета **R G B**, принятые за основные, не могут обеспечивать положительных значений координат цвета для всех цветов. Это можно получить лишь при выборе основных цветов, лежащих за пределами реальной области цветов и не связанных с какими-либо излучениями, а имеющими лишь расчетный смысл. В качестве таких цветов МКО были выбраны цвета **X, Y, Z**. Система **X, Y, Z** МКО, основанная на экспериментальных данных по определению координат цветности монохроматических излучений с использованием стандартизованной кривой относительной спектральной световой эффективности излучения, принята в 1931 г. как стандартная. Функции сложения цветов в этой системе (рис. 3.11) имеют лишь положительные значения в пределах всего видимого спектра. Ординаты кривых сложения $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ (табл. 3.11) представляют собой координаты цвета монохроматических излучений постоянной мощности в системе **X, Y, Z**. Они соответствуют угловому размеру поля зрения 2° и определяют «стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1931 г.».

Функция $\bar{y}(\lambda)$ совпадает с функцией относительной спектральной световой эффективности $V(\lambda)$ стандартного фотометрического наблюдения МКО. В 1964 г. МКО были рекомендованы в качестве дополнительных функции сложения для поля зрения 10°: $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$.

Таким образом, в системе **XYZ** ни один реальный цвет не имеет отрицательных координат цвета; все цветности располагаются внутри цветового треугольника. Количественная оценка излучений осуществляется

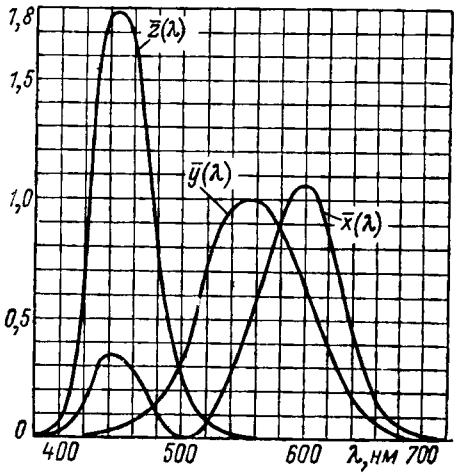


Рис. 3.11. Кривые сложения цветов в системе *XYZ*.

на основе значений координаты Y; единичный цвет **Y** имеет световой поток **680 лм**; единичные цвета **X** и **Z** не имеют световых потоков. Для источника E с равноэнергетическим спектром все три координаты цвета равны; его цветность располагается в центре цветового треугольника. Для спектральных цветов в диапазоне 575—700 нм координата цвета **Z** равна нулю.

Цветовой график системы **XYZ** (см. рис. 3.10) представляет собой «единичную» плоскость трехкоординатного цветового пространства **XYZ** и является прямоугольным треугольником (рис. 3.12). Цветности спектральных излучений располагаются на линии, начало и конец которой замыкаются линией пурпурных цветов. Участок $\lambda = 580 \div 680$ нм практически прямолинеен. Все реальные цветности располагаются внутри этой замкнутой линии.

Координаты цветности x, y, z связаны с координатами цвета X, Y, Z соотношениями

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}; \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}; \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}. \qquad (3.7)$$

Поскольку $x+y+z = 1$, обычно ограничиваются значениями координат x, y.

На основании вышеизложенного разрешаются задачи по сложению цветов. Цвет смеси выражается через сумму координат цвета смешиваемых цветов:

$$C = C_1 + C_2 = (X_1 + X_2)[\mathbf{X}] + (Y_1 + Y_2)[Y] + (Z_1 + Z_2)[\mathbf{Z}]. \qquad (3.8)$$

Координаты цвета на основании (3.7) могут быть выражены через координаты цветности и модуль цвета m, численно равный сумме координат цвета:

$$X = mx; \quad Y = my; \quad Z = mz. \tag{3.9}$$

Из уравнений (3.8) и (3.9) получаем выражения для координат цветности смеси:

$$x = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}; \quad y = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2}. \tag{3.10}$$

Из уравнений (3.10) следует, что цветность смеси двух цветов изображается на цветовом графике x, y точкой, лежащей на прямой, соединяющей цветности

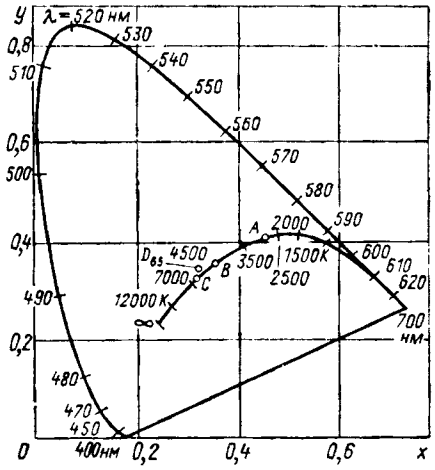


Рис. 3.12. Цветовой график x, y с линией чернего тела и стандартными источниками света (A, B, C и D_{65}).

смешиваемых цветов. Расстояния от точки цветности смеси до точек цветностей смешиваемых цветов обратно пропорциональны модулям этих цветов. На основании (3.9) и (3.10) решают задачи на смешение цветов [3.89].

На использовании закона аддитивности координат цвета базируется расчет цвета по спектральным данным. Основой для расчета цвета несамосветящих объектов (отражающих материалов и светофильтров) являются значения спектральных коэффициентов отражения $\rho(\lambda)$ или пропускания $\tau(\lambda)$ и относительное спектральное распределение энергии ИС $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$. Расчет координат цвета в системе МКО проводится

$$\left.\begin{aligned} X &= \int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,\bar{x}(\lambda)\,d\lambda; \\ Y &= \int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,\bar{y}(\lambda)\,d\lambda; \\ Z &= \int \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,\bar{z}(\lambda)\,d\lambda. \end{aligned}\right\} \tag{3.11}$$

Координаты цветности рассчитываются по (3.7). Значения $\Phi_{e\lambda}(\lambda)\bar{x}(\lambda)$; $\Phi_{e\lambda}(\lambda)\bar{y}(\lambda)$; $\Phi_{e\lambda}(\lambda)\bar{z}(\lambda)$ в нормированном масштабе для стандартных источников света A и D_{65} приведены в табл. 3.12 и 3.13. Практически расчетные формулы для координат цвета приобретают вид:

$$X = \sum_{380}^{780} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,\bar{x}(\lambda)\,\Delta\lambda; \quad Y = \sum_{380}^{780} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda) \times \bar{y}(\lambda)\,\Delta\lambda;$$

$$Z = \sum_{380}^{780} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\rho(\lambda)\,\bar{z}(\lambda)\,\Delta\lambda, \tag{3.12}$$

Таблица 3.12. Значения ординат кривых сложения цветов в системе XYZ МКО (1931 г.) при источнике A

λ, нм	$\Phi_{e\lambda}(\lambda) \times \bar{x}(\lambda)$	$\Phi_{e\lambda}(\lambda) \times \bar{y}(\lambda)$	$\Phi_{e\lambda}(\lambda) \times \bar{z}(\lambda)$	λ, нм	$\Phi_{e\lambda}(\lambda) \times \bar{x}(\lambda)$	$\Phi_{e\lambda}(\lambda) \times \bar{y}(\lambda)$	$\Phi_{e\lambda}(\lambda) \times \bar{z}(\lambda)$
380	0,0006	0,0000	0,0029	590	5,7896	4,2704	0,0062
385	0,0011	0,0000	0,0053	595	6,1403	4,0379	0,0058
390	0,0024	0,0000	0,0113	600	6,3518	3,7733	0,0048
395	0,0047	0,0001	0,0224	605	6,4299	3,4855	0,0037
400	0,0097	0,0003	0,0463	610	6,3346	3,1780	0,0019
405	0,0175	0,0004	0,0825	615	6,0877	2,2622	0,0013
410	0,0356	0,0010	0,1699	620	5,6865	2,5358	0,0013
415	0,0694	0,0020	0,3319	625	5,1267	2,1901	0,0007
420	0,1308	0,0039	0,6283	630	4,4902	1,8523	0,0000
425	0,2269	0,0077	1,0974	635	3,8779	1,5529	
430	0,3246	0,0133	1,5840	640	3,2791	1,2812	
435	0,4055	0,0207	2,0036	645	2,7004	1,0344	
440	0,4632	0,0306	2,3236	650	2,1681	0,8183	
445	0,4976	0,0426	2,5484	655	1,7078	0,6372	
450	0,5155	0,0583	2,7173	660	1,3141	0,4861	
455	0,5230	0,0788	2,8621	665	0,9850	0,3625	
460	0,5097	0,1052	2,9254	670	0,7241	0,2651	
465	0,4690	0,1380	2,8539	675	0,5368	0,1958	
470	0,3882	0,1808	2,5581	680	0,4022	0,1451	
475	0,2998	0,2375	2,1979	685	0,2877	0,1041	
480	0,2138	0,3108	1,8179	690	0,2019	0,0729	
485	0,1372	0,4004	1,4575	695	0,1429	0,0515	
490	0,0799	0,5196	1,1622	700	0,1047	0,0377	
495	0,0387	0,6813	0,9308	705	0,0756	0,0271	
500	0,0136	0,8960	0,7545	710	0,0549	0,0199	
505	0,0070	1,1878	0,6191	715	0,0394	0,0144	
510	0,0285	1,5398	0,4843	720	0,0283	0,0097	
515	0,0931	1,9518	0,3585	725	0,0198	0,0069	
520	0,2127	2,3855	0,2627	730	0,0140	0,0050	
525	0,3849	2,7859	0,2012	735	0,0101	0,0041	
530	0,6069	3,1609	0,1547	740	0,0072	0,0031	
535	0,8631	3,4987	0,1140	745	0,0052	0,0021	
540	1,1567	3,7999	0,0809	750	0,0032	0,0010	
545	1,4904	4,0618	0,0555	755	0,0021	0,0010	
550	1,8660	4,2841	0,0375	760	0,0021	0,0010	
555	2,2887	4,4701	0,0255	765	0,0011	0,0000	
560	2,7550	4,6110	0,0181	770	0,0011		
565	3,2564	4,6974	0,0130	775	0,0000		
570	3,7853	4,7285	0,0104				
575	4,3259	4,7002	0,0092	Сумма	109,8472	100,0000	35,5824
580	4,8594	4,6139	0,0090				
585	5,3549	4,4668	0,0077				

$x_A = 0{,}4476$; $y_A = 0{,}4075$

причем значение $\Delta\lambda$ составляет обычно 10 или 5 нм. Указания по расчету координат цвета источников света изложены в п. 3.3.3.

Иногда для получения более наглядной характеристики цвета, чем дает система XYZ МКО, используется «биполярная» система λ_d, p_c, L, основанная на представлении каждого цвета как смеси монохроматического излучения со стандартным ахроматическим. В этой системе λ_d — доминирующая длина волны, определяющая, какое монохроматическое излучение должно смешиваться с заданным ахроматическим для получения данного цвета; λ_d соответствует точке пересечения с линией спектральных цветов прямой линии, соединяющей данное излучение с монохроматическим на цветовом графике (рис. 3.13); p_c — чистота цвета (колориметрическая), характеризующая долю монохроматического излучения в смеси с ахроматическим; L — яркость смеси.

Чистота цвета может определяться с помощью графиков (рис. 3.13) или по формуле

$$p_c = \frac{y_d}{y}\,\frac{x - x_a}{x_d - x_a} = \frac{y_d}{y}\,\frac{y - y_a}{y_d - y_a}, \tag{3.13}$$

где x_a, y_a — координаты цветности ахроматического излучения; x_d, y_d — координаты цвета монохроматического излучения.

Таблица 3.13. Значения ординат кривых сложения цветов в системе XYZ МКО при источнике D_{65}

λ, нм	ΦD_{65}	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	λ, нм	ΦD_{65}	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$
380	0,0032	0,0001	0,0153		590	4,3076	3,1773	0,0046	
390	0,0055	0,0002	0,0261		595	4,4702	2,9397	0,0047	
390	0,0110	0,0003	0,0518		500	4,5237	2,6873	0,0034	
395	0,0249	0,0007	0,1177		605	4,4431	2,4085	0,0025	
400	0,0561	0,0016	0,2658		610	4,2509	2,1326	0,0014	
405	0,0957	0,0026	0,4547		615	3,9343	1,8497	0,0010	
410	0,1884	0,0052	0,8980		620	3,5459	1,5811	0,0008	
415	0,3391	0,0095	1,6217		625	3,0223	1,2911	0,0004	
420	0,5920	0,0176	2,8442		630	2,5322	1,0446	0,0002	
425	0,9136	0,0311	4,4202		635	2,1412	0,8574	0,0001	
430	1,1647	0,0476	5,6846		640	1,7740	0,6931	0,0001	
435	1,4892	0,0763	7,3572		645	1,3966	0,5349	0,0000	
440	1,7288	0,1142	8,6721		650	1,0732	0,4051		
445	1,8282	0,1565	9,3631		655	0,8289	0,3093		
450	1,8613	0,2104	9,8111		660	0,6258	0,2315		
455	1,7705	0,2667	9,6891		665	0,4657	0,1713		
460	1,6210	0,3345	9,3046		670	0,3404	0,1246		
465	1,3831	0,4070	8,4168		675	0,2417	0,0882		
470	1,0622	0,4947	7,0009		680	0,1733	0,0630		
475	0,7760	0,6149	5,6895		685	0,1152	0,0417		
480	0,5245	0,7624	4,4536		690	0,0749	0,0271		
485	0,3082	0,9005	3,2774		695	0,0529	0,0191		
490	0,1648	1,0710	2,3949		700	0,0385	0,0139		
495	0,0759	1,3350	1,8239		705	0,0280	0,0101		
500	0,0254	1,6721	1,4081		710	0,0204	0,0074		
505	0,0123	2,0931	1,0910		715	0,0132	0,0048		
510	0,0474	2,5658	0,8070		720	0,0085	0,0031		
515	0,1464	3,0593	0,5619		725	0,0064	0,0023		
520	0,3138	3,5210	0,3880		730	0,0048	0,0017		
525	0,5513	3,9899	0,2880		735	0,0034	0,0012		
530	0,8434	4,3930	0,2148		740	0,0025	0,0009		
535	1,1323	4,5888	0,1497		745	0,0016	0,0006		
540	1,4346	4,7129	0,1003		750	0,0010	0,0004		
545	1,7736	4,8336	0,0661		755	0,0005	0,0002		
550	2,1331	4,8954	0,0431		760	0,0004	0,0001		
555	2,4715	4,8266	0,0277		765	0,0003	0,0001		
560	2,8132	4,7083	0,0185		770	0,0003	0,0001		
565	3,1524	4,5474	0,0128		775	0,0002	0,0001		
570	3,4728	4,3382	0,0096		780	0,0001	0,0000		
575	3,8312	4,1627	0,0082						
580	4,1538	3,9439	0,0075		Сумма	109,8472	100,0000	35,5824	
585	4,2695	3,5614	0,0061						

Стандартные источники белого света. Излучения D МКО. Для проведения цветовых измерений стандартизованы четыре типа источников белого света [3.36]. Источник *A* воспроизводит условия освещения лампами накаливания и соответствует излучению полного излучателя при 2856 К. Источник *B* воспроизводит прямое солнечное излучение с коррелированной цветовой температурой (см. п. 3.3.3) $T_{цв,к}$=4870 К. Источник *C* воспроизводит рассеянный дневной свет с $T_{цв,к}$= =6770 К. Источник D_{65} воспроизводит усредненный дневной свет с $T_{цв,к}$=6500 К, включая УФ часть спектра, и используется для измерения цвета люминесцирующих материалов. Данные относительного спектрального распределения энергии этих источников приведены в [3.36]. Координаты цветности даны в табл. 3.14.

Таблица 3.14. Координаты цветности стандартных источников света

Источники	Координаты цветности	
	x	y
A	0,448	0,407
B	0,348	0,352
C	0,310	0,316
D_{65}	0,313	0,329

В качестве источника *A* применяется газополиая лампа накаливания с вольфрамовой нитью. В качестве источников *B* и *C* применяется источник *A* в сочетании со светофильтрами. Способ воспроизведения источника D_{65} пока не стандартизован, но имеется соответствующее предложение [3.92].

Для многих целей не представляется возможным ограничиться перечисленными источниками белого света и требуется знать относительное спектральное распределение энергии различных фаз дневного света в широком диапазоне коррелированных цветовых температур через достаточно малые интервалы. В результате математической обработки данных многочисленных измерений спектрального распределения энергии дневного света МКО принято уравнение кривой *D* (рис. 3.14), на которой лежат точки, соответствующие цветностям различных фаз дневного света x_D, y_D:

$$y_D = -3{,}000x_D^2 + 2{,}870x_D - 0{,}275. \qquad (3.14)$$

Относительное спектральное распределение энергии дневного света для заданной $T_{цв}$ рассчитывается по формуле

$$\Phi_\lambda(\lambda) = \Phi_0(\lambda) + M_1\Phi_1(\lambda) + M_2\Phi_2(\lambda), \qquad (3.15)$$

где $\Phi_0(\lambda)$; $\Phi_1(\lambda)$; $\Phi_2(\lambda)$ — функции длины волны; M_1, M_2 — коэффициенты для данной $T_{цв}$. Табличные значения их приведены в [3.90].

Равноконтрастное цветовое пространство. Система *XYZ* МКО не может использоваться для оценки различий между цветами. Для этой цели нужна равноконтрастная система.

В 1960 г. МКО был рекомендован в качестве стандартного равноконтрастный цветовой график *u*, *v*, разработанный Мак-Адамом (рис. 3.14) и связанный с системой *XYZ* соотношениями

$$u = \frac{4x}{-2x + 12y + 3}; \quad v = \frac{6y}{-2x + 12y + 3} \qquad (3.16)$$

или

$$u = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}; \quad v = \frac{6Y}{X + 15Y + 3Z}. \qquad (3.17)$$

На основе равноконтрастного цветового графика МКО разработано в 1964 г. равноконтрастное цветовое пространство U^*, V^*, W^*, координаты которого связаны с координатами цвета *XYZ* соотношениями

$$U^* = 13W^*(u - u_0); \quad V^* = 13W^*(v - v_0);$$
$$W^* = 25Y^{1/3} - 17, \qquad (3.18)$$

где *u*, *v* определяются по (3.17); u_0, v_0 — значения *u*, *v* для номинального ахроматического цвета.

Цветовые различия определяются по формуле

$$\Delta E(U^*V^*W^*) = [(\Delta U^*)^2 + (\Delta V^*)^2 + (\Delta W^*)^2]^{1/2}. \qquad (3.19)$$

В 1976 г. МКО рекомендованы для использования два равноконтрастных цветовых пространства (L^*, u^*, v^*) и (L^*, a^*, b^*).

Цветовое пространство (L^*, u^*, v^*) представляет собой модифицированное цветовое пространство МКО 1964 (U^*, V^*, W^*). Модификация осуществлена за счет изменения в 1,5 раза масштаба по оси *V* равноконтрастного цветового графика (*u*, *v*), а также небольшого изменения выражения светлотного фактора W^*. Новые координаты *u'*, *v'* определяются соотношениями

$$u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}; \quad v' = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z}. \qquad (3.20)$$

Координаты L^*, u^*, v^* выражаются уравнениями

$$\left.\begin{aligned} L^* &= 25\,(100Y/Y_0)^{1/3} - 16; \\ u^* &= 13L^*\left(u' - u'_0\right); \\ v^* &= 13L^*\left(v' - v'_0\right). \end{aligned}\right\} \qquad (3.21)$$

Равноконтрастное цветовое пространство (L^*, a^*, b^*) представляет собой упрощенный вариант пространства Адамса—Никкерсон [3.90]. Координаты L^*, u^*, v^* выражаются уравнениями

$$\left.\begin{aligned} L^* &= 25\,(100Y/Y_0)^{1/3} - 16; \quad 1 \leqslant Y \leqslant 100; \\ a^* &= 500\left[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}\right]; \\ b^* &= 200\left[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}\right], \end{aligned}\right\} \qquad (3.22)$$

где X_0, Y_0, Z_0 — координаты цвета стандартиого ахроматического источника.

3.3.2. ИЗМЕРЕНИЕ ЦВЕТА. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ. АТЛАСЫ ЦВЕТОВ

Определеиие цвета принципиально может осуществляться тремя методами: расчетом по данным измерений относительного распределения энергии источника света и спектральиых коэффициентов отражения или пропускания освещаемого объекта; колориметрическим

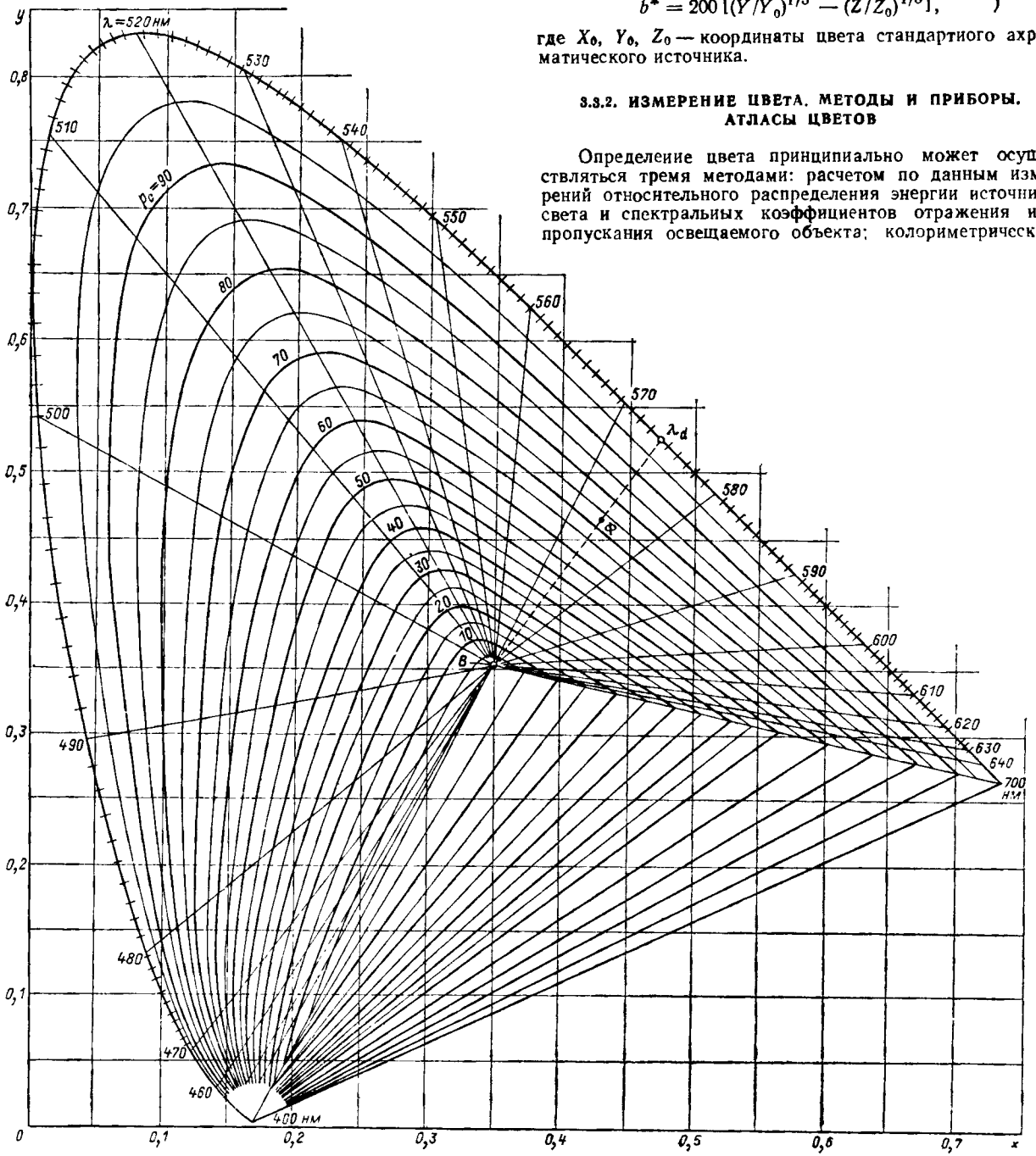


Рис. 3.13. Цветовой графнк x, y с сеткой значений p_C по отиошению к источнику B. В качестве примера показано определение λ_d для излучения, соответствующего точке $Ф$.

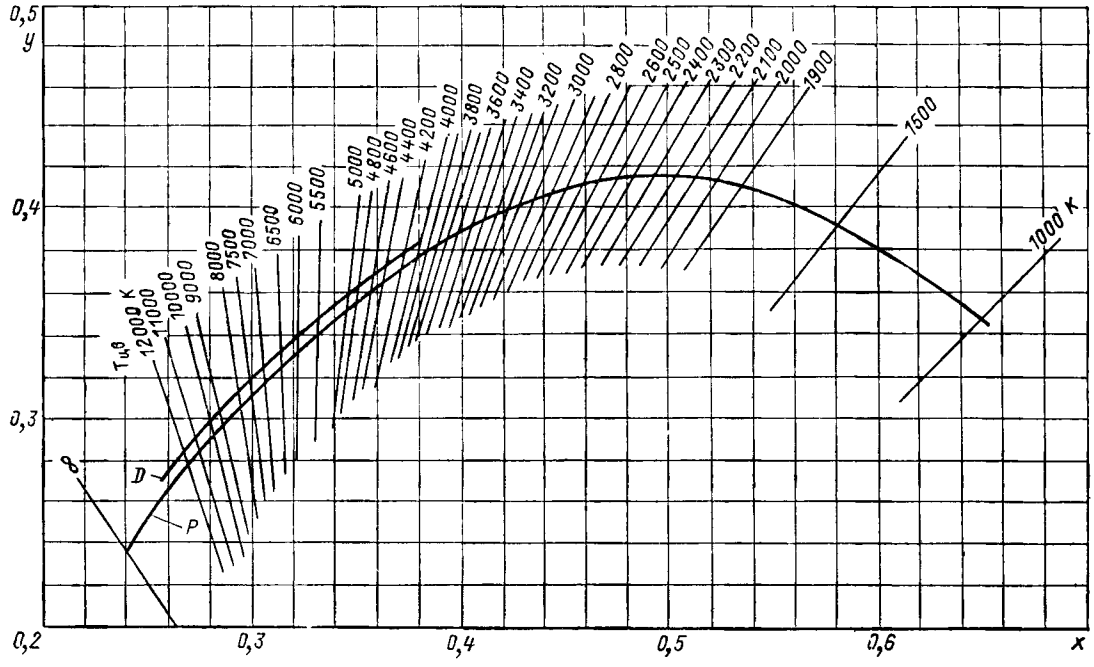


Рис. 3.14. Часть цветового графика x, y с линией черного тела (P), линией дневного света D МКО (D) и линиями постоянной цветовой температуры.

визуальным методом путем визуального сопоставления измеряемого цвета с цветом, получаемым суммированием основных цветов колориметра; колориметрическим объективным методом с помощью физических приемников излучения, кривые спектральной чувствительности которых приведены к кривым сложения колориметрической системы МКО или являются их линейной трансформацией [3.88—3.97].

Расчетный (спектрофотометрический) метод, опирающийся непосредственно на стандартные кривые удельных координат, является наиболее точным и признан в международной практике в качестве основного. Ранее этот метод вследствие его большой трудоемкости использовался в основном для аттестации средств измерений. В настоящее время за счет возможности автоматизации процессов измерений и расчетов практическое значение этого метода резко возросло.

Для получения спектральных характеристик отражения и пропускания материалов используются в основном регистрирующие спектрофотометры типов СФ-10, СФ-18. Измерения спектрального распределения излучения источников света выполняются в соответствии с п. 3.2.3.

На принципе разложения излучения в спектр и автоматического вычисления цветовых характеристик построен ряд наиболее прогрессивных измерительных приборов — спектроколориметров, наиболее прецизионными из которых являются приборы фирм «Оптон» (ФРГ): RFC-3, DMC-25, DMC-26 и «Тосиба» (Япония) «Color Computer CC-1». Эти приборы, снабженные ЭВМ, измеряют с высокой точностью спектральные характеристики образца, рассчитывают его координаты цвета со стандартными источниками и цветовые различия в равноконтрастной системе. Аналогичные приборы начали создаваться отечественным приборостроением (прибор «Радуга» [3.97] — автоматический фотометр с интерференционными светофильтрами, выделяющими 26 участков спектра, с последующим обсчетом полученных данных на ЭВМ, входящей в комплект прибора. Прибор предназначен непосредственно для измерения разноттеночности синтетических волокон.)

Визуальный метод в настоящее время для практических цветовых измерений не используется, но он имеет важнейшее значение как первичный для исследований измерительных свойств глаза, лежащих в основах колориметрии. В качестве отечественных трехцветных визуальных колориметров, применявшихся некоторое время не только для исследовательских целей, но и для проведения цветовых измерений в промышленности, следует отметить колориметры ГОИ [3.89].

Фотоэлектрические колориметры благодаря своей простоте, быстроте действия и хорошей воспроизводимости результатов измерений дают большой эффект при использовании их для контроля цвета в промышленности. Фотоэлектрический колориметр может давать непосредственно координаты цветности или величины, которые соответствующим несложным способом (простым расчетом, по номограмме и т. п.) могут быть преобразованы в координаты цветности МКО.

Фотоэлектрический метод измерения цвета основан на использовании пропорциональной и аддитивной связи между фототоком фотоэлемента или ФЭУ i и монохроматическим потоком падающего на его поверхность излучения $\Phi_\lambda(\lambda)d(\lambda)$:

$$i = \int_0^\infty \Phi_\lambda(\lambda)\, S(\lambda)\, d\lambda, \qquad (3.23)$$

где $S(\lambda)$ — спектральная чувствительность приемника.

При условии подобия кривых спектральной чувствительности приемников колориметра соответствующим кривым сложения $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ значения их фототоков i_x, i_y, i_z будут пропорциональны значениям координат цвета излучения:

$$X = k_x i_x; \quad Y = k_y i_y; \quad Z = k_z i_z, \qquad (3.24)$$

где k_x, k_y, k_z — градуировочные коэффициенты.

Координаты цветности при этом определяются по формулам (3.7).

Три приемника колориметра могут создаваться одним или несколькими фотоэлементами или ФЭУ, спектральная чувствительность которых корректируется с помощью абсорбционных светофильтров или методом масок, устанавливаемых в фокальной плоскости. Наиболее часто для корригировки используются субтрактивные комбинации светофильтров, толщины которых специально рассчитываются на основе данных спектральной чувствительности используемого приемника [3.93].

Поскольку кривая $\bar{x}(\lambda)$ имеет два максимума и неудобна для воспроизведения, наиболее рациональным является способ воспроизведения вместо кривой $\bar{x}(\lambda)$ трансформированной кривой $\bar{x}_н(\lambda)$, определяемой уравнением

$$\bar{x}_н(\lambda) = 0{,}833\,\bar{x}(\lambda) + 0{,}333\bar{y}(\lambda) - 0{,}167\bar{z}(\lambda). \quad (3.25)$$

Координаты цвета в таком колориметре определяются соотношениями

$$X = 1{,}2c_x i_{xн} - 0{,}4c_y i_y + 0{,}2c_z i_z;$$
$$Y = c_y i_y; \quad Z = c_z i_z. \quad (3.26)$$

По такому принципу построены фотоэлектрические колориметры ВНИСИ [3.94], выпущенные в различных модификациях несколько лет назад. Для упрощения определения цвета по отсчетам микроамперметра может применяться специальная номограмма, связывающая координаты цветности x, y с отношениями фототоков $\alpha = i_{xн}/i_y$ и $\beta = i_z/i_y$.

Фотоэлектрические колориметры могут градуироваться по лампе накаливания, работающей в режиме источника A, если этим обеспечивается достаточная точность измерений. Для повышения точности измерений может использоваться градуировочный светофильтр, приближающий излучение источника A по цвету и спектру к измеряемому.

В некоторых фотоэлектрических колориметрах координаты цветности определяются не расчетом, а непосредственно отсчитываются на цветовом графике или по микроамперметру [3.94]. С применением фотополупроводниковой техники разработан телевизионный колориметр с цифровым отсчетом, который прошел государственные испытания [3.95].

Разновидностью фотоэлектрических колориметров являются фотоэлектрические компараторы цвета, предназначенные для сравнения близких по цвету образцов, причем в качестве образцов сравнения используются наборы метрологически аттестованных стандартных образцов цвета. Получаемые в результате измерений на компараторе три отсчета m_1, m_2 и m_3 представляют собой (при данном источнике света) отношение координат цвета испытуемого и стандартного образцов:

$$m_1 = X/X_0; \quad m_2 = Y/Y_0; \quad m_3 = Z/Z_0, \quad (3.27)$$

что позволяет на основании паспортных данных стандартного образца получать значения координат цвета испытуемого образца. Сейчас выпускается отечественной промышленностью в настоящее время компаратор КЦШ, используемый в основном для контроля цвета отражающих материалов.

Одним из способов определения цвета является использование атласов цветов, которые представляют собой наборы цветных образцов, расположенных в определенном порядке, с известными цветовыми характеристиками. Помимо выполнения функций визуальной оценки цвета атласы цветов используются для цветовых измерений с помощью компараторов.

«Атлас стандартных образцов цвета» разработан и стандартизован ВНИИМ им. Менделеева [3.96]. Атлас ВНИИМ имеет метрологическое назначение, представляет собой единый атлас стандартных образцов цвета, охватывающий различные атласы отраслевого назначения и обеспечивающий их государственную поверку. Этот атлас предназначен для обеспечения единства цветовых измерений отражающих материалов.

Система расположения цветов в атласе ВНИИМ соответствует методике его выполнения. Образцы созданы на основе различных степеней затемнения и разбеливания чистых пигментов, а также тройных смесей белого, черного и цветного пигментов. Атлас приблизительно равноступенный. Воспроизводит достаточно большую, практически важную область цветов. Образцы аттестованы в системе XYZ при трех стандартных источниках; A, B и C.

Основой метрологического обеспечения цветовых измерений пропускающих и отражающих свет материалов является «Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений цвета» [3.15]. В соответствии с этой схемой органами Госстандарта выпускаются образцовые меры цвета в виде аттестованных наборов цветных стекол и отражающих образцов, предназначенных для проверки шкал и градуировки цветоизмерительных приборов.

3.3.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Для характеристики современных ГЛ, отличающихся сложностью и большим разнообразием спектров излучения, оказались необходимыми новые параметры по сравнению с использовавшимися для ЛН, излучение которых по спектральному распределению в видимой области близко к спектральному распределению излучения черного тела. Колориметрические параметры ИС характеризуют в сжатом численном виде их цвет, а также особенности спектрального распределения энергии. Эти параметры, как правило, зафиксированы в соответствующей нормативно-технической документации на ИС, и ими руководствуются при проектировании ОУ. Основой для определения колориметрических параметров ИС является спектральное распределение энергии $\Phi_\lambda(\lambda)$. Применяются и упрощенные методы определения колориметрических параметров.

В качестве основного метода определения *координат цветности ИС* принимается расчет по данным спектральных измерений. Координаты цвета XYZ рассчитываются по уравнениям

$$X = \sum_{380}^{780} \Phi_\lambda(\lambda)\,\bar{x}(\lambda)\,\Delta\lambda; \quad Y = \sum_{380}^{780} \Phi_\lambda(\lambda)\,\bar{y}(\lambda)\,\Delta\lambda;$$
$$Z = \sum_{380}^{780} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\,\bar{z}(\lambda)\,\Delta\lambda. \quad (3.28)$$

Координаты цветности рассчитываются по (3.7).

Расчет координат цветности ИС со сравнительно гладкими спектрами, например стандартных ЛЛ, ведется с интервалом $\Delta\lambda = 10$ нм; для ГЛ с узкополосными спектрами $\Delta\lambda = 5$ нм.

При измерении координат цветности ИС на фотоэлектрическом колориметре наибольшая точность обеспечивается при градуировке его по аттестованному ИС того же типа, что и измеряемый, координаты цветности которого определены расчетом по спектральным данным.

Поскольку искусственные ИС предназначены для воспроизведения естественного излучения, образцом которого может служить излучение черного тела с хорошо изученными и математически строго зафиксированными свойствами, и близки к нему по цвету, то оп-

ределение ряда колориметрических параметров ИС базируется на сопоставлении с черным телом.

Температура распределения $T_р$ есть температура черного тела, при которой ординаты кривой спектрального распределения его энергетической яркости пропорциональны в видимой области спектра ординатам кривой спектрального распределения рассматриваемого излучения при одинаковой цветности. Понятие «температура распределения» применимо к ИС, спектр излучения которых близок к спектру черного тела, т. е. практически к лампам накаливания. Значение температуры распределения может определяться непосредственно с помощью спектрорадиометра, отградуированного по лампе типа «черное тело» или по источнику с известным

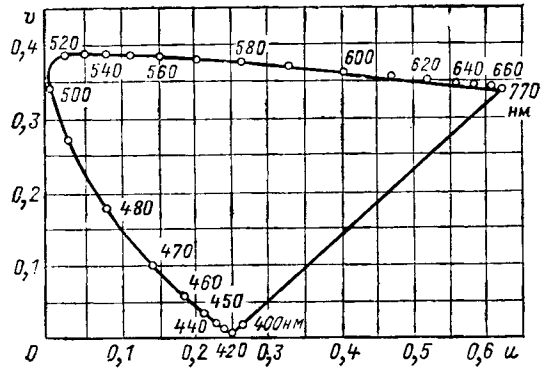


Рис. 3.15. Равноконтрастный цветовой график МКО 1960 г.

относительным распределением энергии. Для технических целей достаточным является сопоставление испытуемого ИС и образцовой лампы в трех достаточно широко разнесенных в пределах видимой области спектра узких интервалах длин волн.

Цветовая температура $T_{цв}$ есть температура черного тела, при которой его излучение имеет такую же цветность, как и рассматриваемое излучение. Цветовая температура источника света определяется по положению точки, соответствующей его цветности на линии черного тела, нанесенной на цветовом графике (рис. 3.14).

Если цветность источника воспроизводится точкой, не лежащей на линии черного тела, то к такому источнику применяется понятие коррелированной цветовой температуры.

Коррелированная цветовая температура $T_{цв,к}$ определяется по ближайшей точке линии черного тела на равноконтрастном цветовом графике.

Для практического определения коррелированной цветовой температуры по координатам цветности x, y используется цветовой график x, y МКО с нанесенными на нем трансформированными линиями постоянной цветовой температуры (рис. 3.14), пересекающими линию черного тела под прямым углом на равноконтрастном цветовом графике.

Для выражения цветовой температуры часто бывает удобно пользоваться обратной температурной шкалой, преимуществом которой является визуальная равномерность. Для практических целей обратная цветовая температура выражается в обратных мегакельвинах ($МК^{-1}$). Обратная цветовая температура, выраженная в этих единицах, имеет численное значение $10^6/T_{цв}$, если $T_{цв}$ выражена в кельвинах. До введения абсолютной температурной шкалы в кельвинах эта единица называлась микрообратным градусом или миредом (1 мипед $= 10^{-6}$ $К^{-1}$). Это название иногда еще используется.

Для определения цветовой температуры источника света используются также инструментальные методы: метод сине-красного отношения и визуальный метод [3.22].

Цветопередача. Относительное содержание красного излучения. Сложность и большое разнообразие спектров современных ГЛ обусловили необходимость введения и контроля специальной характеристики качества цветопередачи источников наряду со световой отдачей. Цветопередача характеризует влияние спектрального состава излучения источника на зрительное восприятие цветных объектов с восприятием при освещении с опорным источником.

Основным методом оценки качества цветопередачи источников света общего назначения является метод «контрольных цветов» [3.98, 3.99], который внесен в ГОСТ [3.26]. Оценка цветопередачи выполняется расчетом на основе относительного спектрального распределения энергии ламп. Показателями качества цветопередачи служат индексы цветопередачи, определяемые на основе цветовых сдвигов, получаемых на стандартных отражающих образцах при переходе от испытуемого источника света к опорному.

Цветопередача оценивается общим индексом цветопередачи R_a, который может быть дополнен специальными индексами цветопередачи R_i. Общий индекс цветопередачи R_a дает усредненную характеристику для восьми образцов средней насыщенности; специальные индексы цветопередачи R_i характеризуют цветопередачу соответственно на цветах большой насыщенности — красном, желтом, зеленом и синем, а также на образцах, воспроизводящих цвет человеческой кожи и зеленой листвы. Контрольные образцы (их общее количество — 14) имеют фиксированные значения спектральных коэффициентов яркости.

Оценка цветопередачи производится по отношению к опорным источникам, цветность которых такая же или близка к цветности испытуемого источника. Для источников света с $T_{цв} \leqslant 5000$ К в качестве опорного используется полный излучатель; для источников $T_{цв} > 5000$ К — дневной свет, спектральное распределение которого рассчитывается как функция $T_{цв}$.

Для учета цветовой адаптации при переходе от испытуемого источника к опорному используется трансформация по фон Крису с основными цветами Джадда [3.90]. Цветовые сдвиги оцениваются по равноконтрастной цветовой системе МКО U^*, V^*, W^*. Специальные индексы цветопередачи рассчитываются по формуле

$$R_i = 100 - 4{,}6\Delta E_i, \qquad (3.29)$$

где ΔE_i — цветовой сдвиг на i-м образце, определяемый по формуле (3.19).

Общий индекс цветопередачи определяется как средиеарифметическое из значений R_i для первых восьми образцов:

$$R_a = \frac{1}{8}\sum_{i=1}^{8} R_i. \qquad (3.30)$$

Все данные, необходимые для расчета индексов цветопередачи МКО, приведены в [3.26]. Программа расчетов на ЭВМ разработана во ВНИСИ.

Шкала индекса цветопередачи построена таким образом, что индекс 100 имеет источник с такой же цветопередачей, как у опорного источника, а индекс 50 — стандартная люминесцентная лампа с $T_{цв,к} = 3000$ К. Источники света по качеству цветопередачи разделяются примерно на три класса: высокого ($R_a \geqslant 85$), среднего ($85 > R_a \geqslant 70$) и низкого ($R_a < 70$) качества.

Модификацией индекса цветопередачи МКО является индекс цветового предпочтения [3.100], определя-

емый не по отношению к опориому источнику, а по отношению к цветностям, предпочитаемым массовым потребителем. В качестве критерия качества цветопередачи источников света иногда используется площадь цветового охвата, создаваемая восемью контрольными образцами МКО на равноконтрастном цветовом графике. Соответствующий показатель под названием индекса цветового различения [3.100] применяется в основном к люминесцентным лампам с узкополосными спектрами излучения.

Несмотря на то что метод контрольных цветов является в настоящее время главным методом оценки качества цветопередачи, не потерял еще своего практического значения и спектрозональный метод, применяемый для оценки цветопередачи люминесцентных ламп в соответствии с [48].

Оценка цветопередачи спектрозональным методом осуществляется путем сопоставления относительного распределения светового потока испытуемого и опорного источников по спектральным зонам. Для этой цели используется восьмизонная система:

I зона — 380—420 нм, II зона — 420—440 нм, III зона — 440—460 нм, IV зона — 460—510 нм, V зона — 510—560 нм, VI зона — 560—610 нм, VII зона — 610—660 нм, VIII зона — 660—760 нм.

Световой поток в i-й зоне

$$\Phi_{ni} = \sum_{\lambda_{i1}}^{\lambda_{i2}} \Phi_\lambda(\lambda)\, V(\lambda)\, \Delta\lambda_i. \qquad (3.31)$$

Для ламп ДРЛ нормируется относительное содержание красного излучения («красное отношение») $\Phi_к$, %:

$$\Phi_к = \frac{\int_{600}^{780} \Phi_\lambda(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda}{\int_{380}^{780} \Phi_\lambda(\lambda)\, V(\lambda)\, d\lambda} 100. \qquad (3.32)$$

Значение $\Phi_к$ может быть определено расчетом по спектральным данным или измерено с помощью корригированного приемника излучения и красного светофильтра [3.26].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Стандарты по фотометрии и колориметрии

А. На термины

3.1. **ГОСТ 7601-78.** Физическая оптика. Термины, буквенные обозначения и определения основных величин.

3.2. **ГОСТ 8.417-81 (СТ СЭВ 1052-78).** Метрология. Единицы физических величин.

3.3. **ГОСТ 8.332-78.** Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения.

3.4. **ГОСТ 14686-69.** Средства измерений световых величин. Термины.

3.5. **ГОСТ 16803-78.** Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные импульсные. Термины и определения.

3.6. **ГОСТ 24286-80.** Импульсная фотометрия. Термины, определения и буквенные обозначения.

3.7. **ГОСТ 13088-67.** Колориметрия. Термины, буквенные обозначения.

3.8. **ГОСТ 19209-73.** Световое поле в водной среде. Термины и определения.

3.9. **ГОСТ 19210-73.** Гидрооптические характеристики. Термины и определения.

3.10. **ГОСТ 19852-74.** Фоторезисторы. Фотодиоды. Фототранзисторы. Фотоэлектрические параметры и характеристики. Термины, определения и буквенные обозначения. ГОСТ 20526-75. Умножители фотоэлектронные. Фотоэлементы. Термины и определения. ГОСТ 21934-76. Приемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические. Термины и определения.

Б. На эталоны и поверочные схемы

3.11. **ГОСТ 8.023-74.** ГСИ Государственный первичный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений световых величин.

3.12. **ГОСТ 8.195-76.** ГСИ Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений энергетической освещенности непрерывного оптического излучения сплошного спектра в диапазоне длин волн 0,2—4,5 мкм.

3.13. **ГОСТ 8.196-81.** ГСИ. Государственный первичный эталон и государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности непрерывно оптического излучения в диапазоне длин волн 0,22—10,6 мкм.

3.14. **ГОСТ 8.197-76.** ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости оптического излучения в диапазоне длин волн 0,05—0,25 мкм.

3.15. **ГОСТ 8.205-76.** ГСИ Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений цвета.

3.16. **ГОСТ 8.106-80.** ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений энергетической яркости и силы излучения тепловых источников с температурой от 220 до 900 К.

3.17. **ГОСТ 8.080-73.** ГСИ. Государственный специальный эталон единицы температуры в диапазоне от 273,15 до 2800 К.

3.18. **ГОСТ 8.083-73.** ГСИ. Общесоюзная поверочная схема для средств измерений температуры в диапазоне от 273,15 до 6300 К.

3.19. **ГОСТ 8.168-75.** ГСИ Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений температуры плазмы в инфракрасной области спектра в диапазоне 5000—15 000 К

3.20. **ГОСТ 8.101-73.** ГСИ. Государственный специальный эталон и общесоюзная поверочная схема для средств измерений длин волн в диапазоне от 0,186 до 30 мкм для спектроскопии.

В. На методы и средства измерений

3.21. **ГОСТ 17677-79.** Светильники. Правила приемки. Методы испытаний.

3.22. **ГОСТ 17616-82** (СТ СЭВ 3180-81). Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров.

3.23. **ГОСТ 22486.5-82.** Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные непрерывного действия. Метод измерения силы света.

3.24. **ГОСТ 22466.0-82.** Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные. Общие положения при измерении электрических и световых параметров. ГОСТ 22466.1-77. Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные импульсные. Методы измерения освечивания, пиковой и средней силы света. ГОСТ 22466.2-77. Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные импульсные. Метод измерения напряжения зажигания. ГОСТ 22466.3-77. Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные импульсные. Метод измерения напряжения самопробоя. ГОСТ 22466.4-82. Источники высокоинтенсивного оптического излучения газоразрядные непрерывного действия. Методы измерения электрических параметров.

3.25. **ГОСТ 23198-78.** Лампы газоразрядные. Методы измерения спектральных и цветовых характеристик.

3.26. **ГОСТ 17203-71.** Источники света высокоинтенсивные. Методы измерения спектральных характеристик.

3.27. **ГОСТ 19834.1-74.** Диоды полупроводниковые. Излучатели. Методы измерения яркости некогерентного излучения.

3.28. **ГОСТ 17333-80.** Приборы фотоэлектрические. Методы измерения спектральной чувствительности фотокатодов.

3.29. **ГОСТ 18167-72.** Фотодиоды и фототранзисторы. Методы измерения основных фотоэлектрических параметров и определения характеристик.

3.30. **ГОСТ 21316.(0—7)-75.** Фотоэлементы. Методы измерения параметров.

3.31. **ГОСТ 11612.(0—2,17)-81.** Умножители фотоэлектронные. Методы измерения электрических и светотехнических параметров.

3.32. **ГОСТ 15821-70.** Материалы белые нелюминесцирующие. Методы измерения показателя белизны и разноотеночности.

3.33. **ГОСТ 16948-71.** Определение интенсивности ультрафиолетового излучения при лабораторных климатических испытаниях.

3.34. **ГОСТ 10771-64.** Лампы накаливания электрические светоизмерительные рабочие.

3.35. **ГОСТ 14008-68.** Лампы температурные образцовые.

3.36. **ГОСТ 7721-76.** Источники света для измерений цвета. Типы. Основные параметры. Технические требования. Маркировка.

3.37. **ГОСТ 10036-75*.** Рассеиватели, защитные и декоративные стекла из силикатного стекла для светильников. Общие технические условия.

* Стандарт содержит метод измерения интегрального коэффициента пропускания.

3.38. **ГОСТ 9242-69.** Светофильтры сигнальные для транспорта. Методы измерения цветности и коэффициента пропускания. ГОСТ 20961-75. Световозвращатели автомобилей, автобусов, троллейбусов, тракторов, прицепов, полуприцепов, мотоциклов и мотоколясок. Технические требования. Правила приемки. Методы испытаний. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение*.

3.39. **ГОСТ 3520-74.** Стекло оптическое. Методы испытаний. Измерение коэффициента светопоглощения.

3.40. **ГОСТ 23287-78.** Фотовспышки. Метод определения ведущего числа.

3.41. **ГОСТ 8.121-74.** ГСИ. Длины волн и волновые числа оптических излучений.

3.42. **ГОСТ 14841-69.** Люксметры фотоэлектрические. Технические требования.

3.43. **ГОСТ 8.014-72.** ГСИ. Методы и средства поверки фотоэлектрических люксметров.

3.44. **МУ № 175-60.** Методические указания по поверке светоизмерительных электрических ламп накаливания. — М.: Стандартгиз, 1960. — 39 с.

3.45. **МУ № 264-65.** Методические указания по поверке пластинок коэффициента яркости и общего коэффициента отражения. — М.: Изд-во стандартов, 1965. — 23 с.

3.46. **ГОСТ 2388-70.** Фотоэлементы селеновые для фотометрирования и колориметрирования пиротехнических средств. Общие технические требования.

3.47. **ГОСТ 8.155-75.** Лампы температурные образцовые 2-го разряда. Методы и средства поверки.

3.48. **ГОСТ 8.130-74.** ГСИ. Пирометры визуальные с исчезающей нитью. Методы и средства поверки.

3.49. **ГОСТ 8.272-77.** ГСИ. Пирометры квазимонохроматические с исчезающей нитью накала образцовые 1-го и 2-го разрядов и рабочие прецизионные. Методы и средства поверки.

3.50. **МИ 141-77.** Методика поверки спектрофотометров типа СФ-18.

3.51. **ГОСТ 8.229-81.** ГСИ. Спектрофотометры инфракрасные. Методы и средства поверки.

3.52. **ГОСТ 8.298-78.** Колориметры фотоэлектрические лабораторные. Методы и средства поверки.

3.53. **МИ 25-74.** Методы поверки образцов цвета. — М.: Изд-во стандартов, 1974.

3.54. **МИ 31-75.** Методика поверки образцов белой поверхности. — М.: Изд-во стандартов, 1975. — 5 с.

3.55. **МИ 34-75.** Методика поверки компараторов цвета. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 9 с.

3.56. **МИ 68-75.** Методика поверки лейкометров Цейса. — М.: Изд-во стандартов, 1976. — 5 с.

3.57. **ГОСТ 8.001-80.** ГСИ. Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений.

3.58. **ГОСТ 8.002-71.** ГСИ. Организация и порядок проведения поверки, ревизии и экспертизы средств измерений.

3.59. **ГОСТ 8.326-78.** ГСИ. Метрологическое обеспечение разработки, изготовления и эксплуатации нестандартизованных средств измерений.

3.60. **ГОСТ 8.009-72.** ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.

3.61. **ГОСТ 8.042-72.** ГСИ. Требования к построению, содержанию и изложению стандартов методов и средств поверки мер и измерительных приборов.

3.62. **ГОСТ 8.207-76.** ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения.

Монографии и отдельные публикации

3.63. **Рабинович С. Г.** Погрешности измерений. — Л.: Энергия, 1978. — 262 с.

3.64. **ГОСТ 8.011-72. ГСИ.** Показатели точности измерений и формы представления результатов измерений.

3.65. **МИ 15-74.** Методические указания по организации, расчету состава, оборудования и помещений поверочных подразделений органов ведомственных метрологических служб. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 20 с.

3.66. **ГОСТ 12.0.003-74.** ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

3.67. **Берковский А. Г., Гавзина В. А., Зайдель И. Н.** Вакуумные фотоэлектрические приборы. — М.: Энергия, 1976. — 344 с.

3.68. **Мейоров С. В.** Фотоэлектронные и термоэлектронные приборы и их применение. — М.: Машиностроение, 1973. — 160 с.

3.69. **Анисимова И. И., Глуховской Б. М.** Фотоэлектронные умножители — М.: Советское радио, 1974. — 64 с.

3.70. **Бузанова Л. К., Глиберман А. Я.** Полупроводниковые фотоприемники. — М.: Энергия, 1976. — 64 с. (Массовая радиобиблиотека, вып. 902).

3.71. **Ван дер Зил А.** Шумы при измерениях/Пер. с англ. — М.: Мир., 1979. — 292 с.

3.72. **Фотоэлектронные** приборы для энергетической фотометрии/Л. И. Андреева, С. А. Кайдалов, З. М. Семичастнова, Б. М. Степанов. — В кн.: Импульсная фотометрия, сб. 6. — Л.: Машиностроение, 1979, с. 204—210.

3.73. **Стаськевич В.** Об измерении светораспределения на укороченном расстоянии. — Светотехника, 1973, № 4, с. 10—12.

3.74. **Воронков Г. Л.** Ослабители оптического излучения. — Л.: Машиностроение, 1980. — 158 с.

3.75. **Андреева Т. Н., Карташевская В. Е.** Фотоэлектрическая установка для измерения силы света ламп накаливания. — Тр. метрологических институтов СССР, 1970, вып. 114(174), с. 113—115.

3.76. **Карташевская В. Е., Скачкова С. П.** Новое определение коэффициентов яркости и общего отражения для образцовых пластинок ВНИИМ. — Светотехника, 1966, № 1, с. 16—19.

3.77. **Карташевская В. Е., Кирьянова Г. Н., Скачкова С. П.** Новая аппаратура для определения коэффициентов яркости и общего отражения для образцовых пластинок ВНИИМ. — Тр. метрологических институтов СССР, 1979, вып. 236 (295), с. 35—41.

3.78. **Kartachevskaia V. E., Korte H., Robertson A. R.** International comparison of measurements of luminance factor and reflectance of white diffusing samples. — Applied Optics, 1975, vol. 14, № 11, p. 2694—2702.

3.79. **Варсонофьева Г. Д., Фомина А. М.** Освещенность и ее контроль в осветительных установках. — М.: Энергия, 1972. — 56 с. (Библиотека электромонтера, вып. 351).

3.80. **Эпштейн М. И.** Спектральные измерения в электровакуумной технике. — М.: Энергия, 1970. — 144 с.

3.81. **Эпштейн М. И.** Измерения оптического излучения в электронике. — М.: Энергия, 1975 — 248 с.

3.82. **Шишловский А. А.** Прикладная физическая оптика. — М.: Физматгиз, 1961. — 822 с.

3.83. **Stimson A.** Photometry and radiometry for engineers. A Wiley-interscience publication. New York—London—Sydney—Toronto: J. Wiley a. Sons, 1974. — 446 p.

3.84. **Малышев В. И.** Введение в экспериментальную спектроскопию. — М.: Наука, 1979. — 480 с.

3.85. **Зайдель А. Н., Островская Г. В., Островский Ю. А.** Техника и практика спектроскопии. — М.: Наука, 1976. — 392 с.

3.86. **Волькенштейн А. А., Кувалдин Э. В.** Фотоэлектрическая импульсная фотометрия. — Л.: Машиностроение, 1975. — 192 с.

3.87. **Импульсная** фотометрия, сборники статей. — Л.: Машиностроение. Вып. 1, 1969, 152 с.; вып. 2, 1972, 200 с.; вып. 3, 1973, 183 с.; вып. 4, 1975, 248 с.; вып. 5, 1978, 264 с.; вып. 6, 1979, 279 с., вып. 7, 1981, 230 с.

3.88. **Юстова Е. Н., Сумин Л. М.** Современное состояние цветовых измерений. — М.: Изд-во стандартов, 1978. — 56 с. (Госстандарт СССР, ВНИИМ, ВНИИКИ).

3.89. **Гуревич М. М.** Цвет и его измерение. — Л.: Изд-во АН СССР, 1950. — 268 с.

3.90. **Джадд Д., Вышецкий Г.** Цвет в науке и технике/Пер. с англ. — М.: Мир, 1978. — 592 с.

3.91. **Юстова Е. Н.** Таблицы основных колориметрических величин. — М.: Изд-во стандартов, 1967. — 35 с. (Комитет стандартов при Совете Министров СССР).

3.92. **Вершинский А. Е.** Источник света D_{65} для цветовых измерений. — Оптико-механическая промышленность, 1978. № 4, с. 5—7.

3.93. **Иоффе Р. С.** Приемники излучения для фотоэлектрической колориметрии. — Светотехника, 1958, № 6, с. 16—19.

3.94. **Светотехнические** изделия (Каталог). Фотоэлектрические приборы для цветовых измерений. — М.: Информэлектро, 1969, № 10, с. 83.

3.95. **Цифровой** телевизионный колориметр/И. Г. Александров, А. В. Барков, С. К. Краснов, С. В. Новаковский. — Техника кино и телевидения, 1974, № 1, с. 45—49

3.96. **Атлас** из 1000 стандартных образцов цветов/Е. Н. Юстова, Г. В. Покровская, К. А. Алексеева, И. Н. Панова, И. З. Пчелинв. — Измерительная техника, 1972, № 7, с. 12—13.

3.97. **Определение** оптических характеристик неорганических пигментов с помощью прибора «Радуга-1»/В. Б. Гусев, В. Б. Леиев, В. Ф. Носач, А. С. Брагин, А. Ф. Лыс. — Лакокрасочные материалы и их применение, 1980 № 1, с. 35—37.

3.98. **Иоффе Р. С.** Индекс цветопередачи МКО. — Светотехника, 1971, № 2, с. 23—24.

3.99. **Иоффе Р. С.** Индекс цветопередачи МКО-2. — Светотехника, 1976, № 2, с. 22.

3.100. **Иоффе Р. С.** Методы оценки качества цветопередачи источников света. Обзор. — Светотехника, 1979, № 12, с. 5—8.

* Стандарт содержит методы измерения коэффициента силы света и колориметрических характеристик.

Раздел четвертый

ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

4.1. ВВЕДЕНИЕ

Определения и принцип действия [28, 4.1]. Искусственным источником света (ИС) или, более строго, источником ОИ называют устройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в ОИ (электромагнитное излучение с длинами волн от 1 до 10^6 нм) (см. гл. 1).

Оптическое излучение отдельных атомов, ионов, молекул, а также жидких и твердых тел возникает в результате переходов их валентных (внешних) электронов из возбужденных состояний, в которое они попадают в результате поглощения энергии извне, в состояния с меньшей энергией. Частота испускаемых при этом электромагнитных волн ν, как известно, равна:

$$\nu = (W_2 - W_1)/h,$$

где W_2 и W_1 — соответственно энергии начального (до излучения) и конечного состояний; h — постоянная Планка (см. § 4.2). Спектры излучения атомов и ионов в газе состоят из отдельных спектральных линий, спектры молекул — из густо расположенных линий, переходящих в полосы, а спектры жидкостей и твердых тел носят непрерывный характер.

По физической природе различают два вида ОИ: тепловое и люминесценцию.

Тепловым называют ОИ, возникающее при нагревании тел. У твердых тел оно имеет непрерывный спектр, зависящий от температуры тела и его оптических свойств (см. § 4.2). Тепловыми излучателями являются все источники, свечение которых обусловлено нагреванием: электрические ЛН, простые угольные дуги, все пламенные источники света (см. § 4.2).

Люминесценцией называют спонтанное излучение, избыточное над тепловым излучением, если его длительность значительно превышает период колебаний электромагнитной волны соответствующего излучения. Люминесценция наблюдается в газообразных, жидких и твердых телах. Твердые или жидкие вещества, способные излучать свет под действием различного рода возбуждений, называют люминофорами. Спектр люминесценции может состоять из отдельных линий (излучение отдельных атомов и ионов), полос (излучение молекул) и непрерывных участков (излучение твердых тел и жидкостей). При люминесценции возможно более эффективное преобразование подводимой энергии в ОИ, чем при тепловом возбуждении, поскольку люминесценция в принципе не требует нагрева тел. В ИС используются следующие виды люминесценции.

Электролюминесценция — ОИ атомов, ионов, молекул, жидких и твердых тел под действием ударов электронов (ионов), движущихся со скоростями, достаточными для возбуждения. Излучение разрядных ИС (газоразрядных ламп — ГЛ) представляет собой электролюминесценцию газов и паров (см. п. 4.3.1). Различные виды электролюминесценции твердых тел используются в электролюминесцентных панелях (см. п. 4.4.1) и светоизлучающих диодах (см. п. 4.4.2). Свечение люминофоров под действием пучка электронов достаточной скорости называют катодолюминесценцией (ионов — ионолюминесценцией). Она используется в электронно-лучевых трубках, кинескопах и других приборах.

Фотолюминесценция — ОИ, возникающее в результате поглощения телами ОИ. В парах и газах наблюдается множество видов фотолюминесценции, определяемых энергией поглощаемых фотонов и строением поглощающих атомов, ионов или молекул, например резонансная флюоресценция паров и газов (см. п. 4.3.1) и многие другие виды, играющие большую роль в излучении ГЛ. Фотолюминесценция люминофоров широко применяется в люминесцентных (см. п. 4.3.2.) и некоторых других ГЛ (см. п. 4.3.3).

Радиолюминесценция — ОИ некоторых веществ (люминофоров) под действием продуктов радиоактивного распада (см. п. 4.4.3).

Параметры источников света (ламп) [28, 29, 4.1]. Излучение ламп характеризуется потоком (световым) Φ_e (Φ_v), силой излучения I_e (силой света I_v), энергетической (световой) яркостью $L_e(L_v)$, ее распределением по поверхности светящегося тела и направлениям, спектральной плотностью вышеперечисленных величин (спектром излучения). Цвет излучения ламп дополнительно характеризуется цветовыми параметрами: координатами цветности x и y, цветовой температурой $T_{цв}$ и индексами цветопередачи, общим R_a и специальными R_i [4.4]; цвет излучения ламп ДРЛ (см. п. 4.3.3) оценивается так называемым «красным отношением» (см. п. 4.3.3). Электрический режим характеризуется мощностью лампы $P_л$, рабочим напряжением на лампе $U_л$, напряжением питания $U_с$, током I и родом тока (постоянный, переменный с частотой f и т. д.). При рассмотрении электрического режима ГЛ вводят следующие понятия: потери мощности в пускорегулирующем аппарате (ПРА), коэффициенты мощности лампы ($K_л$) и лампы с ПРА (cos φ), целый ряд напряжений, связанных с зажиганием и погасанием разряда, токи пускового режима и др. (см. гл. 6 и п. 4.3.1).

К основным геометрическим параметрам ламп относятся габаритные и присоединительные размеры, высота светового центра, размеры излучающего тела. К конструктивным — форма колбы, ее оптические свойства (прозрачная, матированная, зеркализованная и т. д.), форма и расположение тела накала, конструкция ножки или вводов, тип цоколя, форма и размеры разрядной колбы, конструкция и размеры электродов, расстояние между ними и др.

Тепловой режим характеризуется температурой тела накала, колбы, цоколя, выводов, электродов и других узлов, но особое значение имеет максимальная и минимальная температуры конструктивных узлов лампы. Необходимые температуры обеспечиваются правильным выбором размеров в соответствии с типом и мощностью лампы, а также соблюдением определенных условий эксплуатации: рабочего положения лампы, вентиляции светильника, рекомендуемой температуры окружающей среды.

При оценке эффективности лампы наиболее важны:

энергетический КПД в заданной области спектра от λ_1 до λ_2

$$\eta_{эн,л} = \left(\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, d\lambda\right)/P_л;$$

эффективный КПД лампы для соответствующего приемника излучения

$$\eta_{эф,л} = \left(\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi_{e\lambda}(\lambda)\, s(\lambda)\, d\lambda\right)/P_л,$$

где $s(\lambda)$ — относительная спектральная чувствительность приемника излучения;

эффективная отдача лампы

$$\Phi_{эф.л}/P_л = s_{max}(\lambda)\,\eta_{эф.л},$$

где $\Phi_{эф.л}$—эффективный поток излучения, оцениваемый по уровню реакции приемника; это — размерная величина, измеряемая в специальных единицах, выбранных для оценки реакции данного приемника; $s_{max}(\lambda)$ — значение максимальной спектральной чувствительности приемника (размерная величина).

Если приемник — человеческий глаз, то $\Phi_{эф}$ — световой поток Φ_v в люменах; $V(\lambda)=s(\lambda)$ — относительная спектральная световая эффективность излучения; $s_{max}=680$ лм/Вт при $\lambda=555$ нм (см. гл. 2).

Световая отдача лампы, лм/Вт,

$$\eta = \Phi/P_л = 680\left(\int_{\lambda=380}^{\lambda=780}\Phi_{eл}(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda\right)/P_л.$$

Световой КПД соответственно

$$\eta_{св.л} = \left(\int_{380}^{780}\Phi_{eл}(\lambda)\,V(\lambda)\,d\lambda\right)/P_л.$$

Основными показателями долговечности являются полный и полезный сроки службы. Под полным сроком службы понимают продолжительность горения ламп от начала эксплуатации или испытания до момента полной или частичной утраты ими работоспособности. Например, в ЛН — из-за перегорания нити, в ГЛ — из-за потери способности зажигаться и т. п. Полезным сроком службы называют продолжительность горения ламп от начала эксплуатации или испытания до момента ухода за установленные пределы одного из параметров, определяющих целесообразность использования ламп данного типа, например из-за снижения потока или яркости ниже определенного предела для осветительных и облучательных ламп или невозможности эксплуатации специальных ГЛ высокой яркости в светооптических приборах из-за нестабильности положения дуги и т. п. Важным показателем надежности является также вероятность безотказной работы ламп в течение заданного времени, которая часто регламентируется минимальной продолжительностью горения.

Параметры ламп, особенно показатели долговечности и безотказности, устанавливаются и контролируются, как правило, на основании статистической обработки результатов испытаний выборок из партии ламп данного типа. Полученные результаты распространяются затем на всю партию или совокупность ламп данного типа, поэтому они являются величинами вероятностными. Параметры отдельных образцов группируются вблизи установленного таким путем значения с определенным разбросом (дисперсией). Чем лучше конструкция лампы, совершеннее технология и оборудование, лучше и строже технический контроль и технологическая дисциплина, тем выше параметры и однороднее продукция (меньше разброс). В нормативных документах регламентируются допустимый разброс или предельные значения параметров.

Изготовителем проводятся, как правило, стендовые испытания ламп, предусмотренные нормативно-технической документацией (НТД) в строго устанавливаемых и контролируемых условиях. Эксплуатационные испытания проводятся с целью выявления влияния отдельных факторов и условий эксплуатации, т. е. механических и климатических воздействий, напряжения сети, частоты включений, условий охлаждения, положения горения и т. д., на параметры ламп и их изменение в процессе горения [4.2—4.5]

Нормативно-техническая документация (ГОСТ, отраслевые ТУ, ТУ предприятия) устанавливает типы ламп, на которые распространяется документ, назначение и особенности применения, условия включения, технические требования (основные параметры и характеристики), требования безопасности, правила приемки, методы испытаний, требования к маркировке, упаковке, транспортировке и хранению, указания по эксплуатации и гарантии изготовителя [4.2]. Все виды измерений и испытаний ламп должны проводиться в строгом соответствии с ГОСТ, ТУ и РТМ [4.3—4.5].

Основные типы источников света (ИС), области применения и тенденции развития. Подавляющее большинство современных ИС относится к категории электрических. По принципу действия их можно разделить на две большие группы, которые вместе вырабатывают около 98—99 % всего светового потока. Это ЛН (см. § 4.2) и ГЛ (см. § 4.3). Наиболее массовыми ИС являются осветительные лампы применяемые для искусственного освещения, на которое у нас в стране расходуется около 13 % всей вырабатываемой электроэнергии. Отсюда ясно, какое важное народнохозяйственное значение имеют повышение световой отдачи и срока службы, уменьшение спада светового потока в процессе горения и снижение стоимости осветительных ламп. По массовому ЛН занимают первое место среди всех ИС. Их выпуск в стране превысил в 1980 г. 2 млрд. штук и будет продолжать расти. Это объясняется универсальностью применения ЛН, исключительной простотой и удобством их эксплуатации, относительно низкой ценой и наличием высокомеханизированного массового производства, представляющего собой сложившуюся отрасль промышленности. (Производительность современных сборочных линий около 3,5 тыс. ламп в час; обслуживают ее 5—6 чел.)

Главным недостатком осветительных ЛН является низкая световая отдача, составляющая 10—20 лм/Вт при сроке службы 1000 ч; световая отдача галогеновых ЛН несколько выше — 26 лм/Вт при сроке службы 2000 ч. Низкая световая отдача ЛН объясняется тем, что 70—76 % мощности излучения вольфрамового тела накала при его рабочих температурах лежит в близкой ИК области спектра, в то время как на видимую часть приходится только от 7 до 13 %, т. е. ЛН являются по существу эффективными источниками ИК излучения. Попытки существенно повысить световую отдачу ЛН не дали практических результатов, хотя принципиальные возможности в этом направлении не исключены (см. § 4.2).

У современных осветительных ГЛ световая отдача в 5—10, а срок службы в 10—20 раз превышают световую отдачу и срок службы ЛН (см. пп. 4.3.1—4.3.6). Наиболее массовыми из ГЛ являются ЛЛ, годовой выпуск которых в стране приблизился к 150 млн. шт. Для удовлетворения потребности народного хозяйства в световой энергии в 50-е годы в стране были созданы новые отрасли промышленности по производству ЛЛ, светильников, ПРА и электроустановочных изделий. Одновременно было организовано крупносерийное производство других высокоэффективных ГЛ — ДРЛ (см. п. 4.3.3), МГЛ (см. п. 4.3.4), ДНаТ (см. п. 4.3.5), ксеноновых, а также ПРА (см. гл. 6) и световых приборов для их применения. В 11-й пятилетке производство осветительных ГЛ планируется развивать еще более ускоренными темпами.

Непрерывно расширяется применение ламп не только для освещения, но и во всевозможных облучательных и светосигнальных устаиовках и т. д. При этом широко используются различные свойства не только видимого, но также УФ и ИК излучения. Особенно расширились эти области специального применения в связи с разработкой ГЛ, позволяющих создавать источники с самым различным сочетанием параметров (см. п. 4.3.1). Число

этих применений весьма велико. Для них промышленность выпускает более тысячи типоразмеров специальных ЛН и ГЛ.

Основные области применения каждого типа ламп указаны далее при их рассмотрении. Здесь же отмечены некоторые основные тенденции.

В последние годы отчетливо выявилась тенденция создания ламп, представляющих единое целое с системой перераспределения светового потока в пространстве и по спектру. Сюда относятся лампы-фары, зеркальные лампы-светильники, лампы в колбах с диффузно-отражающими и пропускающими покрытиями, лампы в колбах из селективно пропускающих материалов и колбах с селективно пропускающими и отражающими слоями. Перспективы применения ламп последнего класса очень велики. Многочисленные и важные применения в различных светооптических приборах и установках находят источники света высокой яркости. Намечено более широкое внедрение люминесцентного освещения в быт, в связи с чем потребуется разработать и наладить производство соответствующих ЛЛ (см. п. 4.3.2), ПРА и СП (см. гл. 14). Благодаря созданию высокоинтенсивных и эффективных ГЛ с различными спектрами излучения в УФ, видимой и ИК областях и ламп с высокой яркостью (см. пп. 4.3.3—4.3.6) в светотехнике оформилось направление, рассматривающее различные технологические применения ОИ (см. гл. 17).

Источники оптического излучения находят многочисленное и весьма важное применение в качестве различных индикаторов. Для этой цели используются специальные ЛН (см. § 4.2), различные типы ГЛ, такие, как ТЛ (см. п. 4.3.2), лампы тлеющего свечения (см. п. 4.3.8) и другие, а также многие специальные источники света (см. пп. 4.4.1—4.4.3). В последние годы бурно развивается применение специальных источников света в системах передачи информации (цифровые измерительные приборы, ЭВМ, оптико-электронные приборы (см. пп. 4.3.8, 4.4.2). Появление лазеров — источников ОИ с совершенно уникальными свойствами (см. п. 4.4.4) явилось подлинной революцией в оптике. Поскольку последние два направления выходят за рамки традиционной светотехники, описание этих специальных источников излучения носит ознакомительный характер. В списке литературы к гл. 4 приведены в основном обзорные и справочные издания.

4.2. ТЕПЛОВЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ

4.2.1. ЗАКОНЫ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Основные законы теплового излучения установлены для идеализированного тела, называемого черным телом, полным излучателем или излучателем Планка. В качестве него принято тело, которое поглощает все падающие на него излучения (коэффициент поглощения $\alpha=1$) независимо от длины волны, направления падения и состояния поляризации.

Закон Кирхгофа (1859 г.). В любой точке поверхности теплового излучателя при любой температуре и длине волны отношение спектральной плотности энергетической яркости в заданном направлении к спектральному коэффициенту поглощения неполяризованного излучения в противоположном направлении не зависит от рода излучателя и равняется спектральной плотности энергетической яркости черного тела при той же температуре и длине волны. После интегрирования по всем направлениям полусферы получаем:

$$m_e(\lambda, T)/\alpha(\lambda, T) = m_{es}(\lambda, T), \qquad (4.1)$$

где m_e (λ, T) — спектральная плотность энергетической светимости тела (Вт/м²); m_{es} (λ, T) — то же для черного тела; α (λ, T) — спектральный коэффициент поглощения тела при температуре T.

Закон Стефана — Больцмана (1879 г., 1884 г.) определяет соотношение между энергетической светимостью черного тела M_{es} (Вт/м²) и его температурой:

$$M_{es} = \sigma T^4, \qquad (4.2)$$

где $\sigma=5{,}67\cdot10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) — постоянная Стефана—Больцмана.

Закон Вина (1893 г.) устанавливает, что произведение длины волны, соответствующей максимуму спектральной плотности энергетической светимости тела, на его абсолютную температуру есть величина постоянная:

$$\lambda_{max} T = b, \qquad (4.3)$$

где $b=2898\cdot10^3$ нм·К — постоянная Вина.

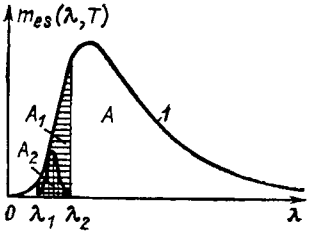


Рис. 4.1. К определению различных КПД излучения черного тела [29]:
$\lambda_1=380$ мм; $\lambda_2=770$ мм.

Из (4.3) следует, что при повышении температуры черного тела максимум спектральной плотности энергетической светимости смещается в сторону более коротких волн.

Закон Планка (1900 г.) устанавливает распределение спектральной плотности энергетической светимости черного тела в зависимости от температуры:

$$m_{es}(\lambda, T) = c_1\lambda^{-5}\left(e^{c_2/\lambda T} - 1\right)^{-1}, \qquad (4.4)$$

где $c_1=2\pi hc_0^2=3{,}742\cdot10^{-16}$ Вт·м²; $c_2=hc_0/k=1{,}439\times\times10^{-2}$ м·К; $h=6{,}626\cdot10^{-34}$ Дж·с — постоянная Планка; $c_0=299792{,}5\cdot10^3$ м/с — скорость света в вакууме; $k=1{,}380662\cdot10^{-23}$ Дж/К — постоянная Больцмана.

Коэффициент полезного действия излучения черного тела определяется спектральным распределением излучения при температуре T (рис. 4.1, кривая *1*). Площадь A, ограниченная этой кривой и осью абсцисс, соответствует потоку излучения, а заштрихованная горизонтальными штрихами площадь A_1 — потоку излучения, приходящемуся на видимую область спектра. Небольшая площадь A_2 с двойной штриховкой соответствует воспринимаемому человеческим глазом потоку излучения, который называется световым потоком Ф[1].

Световая отдача черного тела имеет максимальное значение $\eta_{vsmax}=89{,}5$ лм/Вт при $T=6600$ К ($\eta_{vsmax}=683\eta_{cbs}$, где η_{cbs} — световой КПД излучения черного тела [29]).

Все реальные тела являются либо серыми (спектральный коэффициент излучения у них меньше 1 и не зависит от длины волны), либо селективными (избирательными), у которых спектральный коэффициент теплового излучения зависит от длины волны. Тепловое

[1] Далее везде световой поток обозначен Ф без индекса e

Таблица 4.1. Классификация искусственных тепловых излучателей

Класс	Подкласс	Группа	Характерные представители
1. Электрические излучатели	1.1. Электрические ЛН с вольфрамовыми телами накала, работающими в вакууме или инертном газе [29. 4.1]	1.1.1. Лампы общего назначения	Вакуумные, газополные и галогенные лампы общего освещения
		1.1.2. Лампы местного освещения	Лампы для освещения рабочих мест
		1.1.3. Транспортные лампы	Автомобильные; железнодорожные; судовые; самолетные лампы
		1.1.4. Лампы для сигнализации и индикации	Миниатюрные; сверхминиатюрные; коммутаторные; светофорные; маячные; специальные сигнальные; лампы в цилиндрических колбах на 127 и 220 В
		1.1.5. Лампы для оптических систем и приборов	Кинопроекционные; для оптических приборов; прожекторные; лампы-фары
		1.1.6. Метрологические лампы	Светоизмерительные лампы силы света и светового потока; пирометрические лампы; лампы с окнами-фильтрами; лампы—«черное тело»
		1.1.7. Лампы для технологических целей	Инфракрасные зеркальные лампы; галогенные лампы инфракрасного излучения; лампы для фотографии и др.
		1.1.8. Лампы для специальных светотехнических систем и установок	Рудничные; для подводного освещения; для эксплуатации при высоких температурах, давлениях и разрежениях
	1.2. Источники с открытыми металлическими и неметаллическими телами накала, работающими на воздухе [4.8]	1.2.1. Эталонные и образцовые излучатели	Технические модели черного тела; штифт Нернста; силитовый излучатель (глобар)
		1.2.2. Излучатели для технологических целей	Стеклянные и кварцевые излучатели с нихромовой спиралью; керамические излучатели; трубчатые электронагреватели (ТЭН); излучатели с открытыми металлическими телами накала
		1.2.3. Дуговые лампы с угольными электродами [24]	Простые угольные дуги
2. Тепловые излучатели, основанные на сжигании [4.8]	2.1. Калильные источники	2.1.1. Источники на жидком горючем	Керосино- и спиртокалильные лампы
		2.1.2. Источники на газообразном горючем	Газокалильные горелки
	2.2. Пламенные источники	2.2.1. Пламя твердых веществ	Горящие твердые вещества
		2.2.2. Пламя горючих жидкостей	Масляные и керосиновые лампы
		2.2.3. Пламя горючих газов	Горелки Бунзена, Меккера, Тесла с открытым пламенем; горелки с закрытым или частично экранированным пламенем
	2.3. Газовые беспламенные излучатели	2.3.1. Излучатели с внутренним сжиганием	Излучатели с диафрагмами: перфорированными, фракционными, пористыми
		2.3.2. Излучатели с наружным сжиганием	Излучатели чашеобразные, макроканальные

излучение реальных тел, в том числе металлов, описывается законами излучения черного тела с внесением в них экспериментально установленных коэффициентов.

Так, для оценки интегрального значения тепловой энергетической светимости металлов $M_e(T)$ применяется выражение, аналогичное закону Стефана—Больцмана:

$$M_e(T) = \varepsilon(T) M_{es}(T) = \varepsilon(T) \sigma T^4, \qquad (4.5)$$

где $\varepsilon(T)$ — интегральный коэффициент теплового излучения металла.

Спектральная плотность энергетической светимости металлов записывается в виде, аналогичном закону Планка:

$$m_e(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda, T)\, m_{es}(\lambda, T) =$$

$$= \varepsilon(\lambda, T)\, c_1 \lambda^{-5} \left(e^{c_2/\lambda T} - 1\right)^{-1}, \qquad (4.6)$$

где m_e (λ, T) — спектральная плотность энергетической светимости реального тела; ε (λ, T) — спектральный коэффициент теплового излучения металлов.

Классификация тепловых излучателей. Они могут быть как естественными (светящие небесные тела, небо и облака, земная и водная поверхности и др.), так и искусственными (свеча, керосиновая лампа, электрические ЛН и ГЛ, инфракрасные излучатели и др.).

В табл. 4.1 приведена классификация искусственных тепловых излучателей. Деление на классы проведено по физическим принципам генерирования излучения, на подклассы — по конструктивно-технологическим признакам, на группы — в основном по функциональным признакам (назначению, области применения), а также по некоторым конструктивным особенностям.

Тепловые излучатели, используемые для освещения, называют источниками света (лампами). Источники, богатые ИК излучением, а также те, световые качества которых представляют второстепенный интерес, называют источниками ИК излучения (излучателями, ИК излучателями).

Принято также деление на «темные» и «светлые» источники. У первых доля видимого излучения не превышает доли процента, а температура тела накала обычно не выше 1000 °С (это в основном ИК излучатели). У вторых тот и другой показатель значительно выше (это преимущественно ИС).

4.2.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВОЛЬФРАМОВЫЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Основные этапы развития ЛН. Опыты по получению света путем накаливания проводников током начались вскоре после открытия в 1800 г. теплового действия электрического тока. Многочисленные работы в этой области многие годы не давали удовлетворительных результатов. Лишь в 1873 г. успех сопутствовал русскому изобретателю А. Н. Лодыгину (1847—1923), который предложил источник света, в принципе схожий с современной лампой накаливания. Он поместил угольный стержень в стеклянный баллон, из которого кислород удалялся за счет сгорания части угля при прохождении через него тока, благодаря чему оставшаяся

часть угля работала относительно долго, излучая свет. В 1879 г. американский изобретатель Т. А. Эдисон (1847—1931) на основе принципиальных идей, заложенных в лампе Лодыгина, создал лампу серийного производства, применив для тела накала угольную нить, полученную обугливанием длинных и тонких бамбуковых волокон. Кроме того, он ввел откачку воздуха из баллона.

В 1890 г. Лодыгин демонстрировал лампу с телом накала в виде нити из тугоплавкого металла молибдена, который в дальнейшем был заменен вольфрамом. В 1903 г. появились первые образцы вольфрамовых ЛН, а в 1906—1909 гг., после освоения серийного производства вольфрамовой проволоки, начался промышленный выпуск вакуумных ЛН с прямой вольфрамовой тянутой нитью.

В 1913 г. американский физик И. Ленгмюр предложил наполнять ЛН нейтральным газом и применять спирализованное тело накала вместо нитевидного. Эти меры позволили уменьшить высокотемпературное распыление вольфрамовой проволоки и за счет этого увеличить срок службы лампы. Крупным событием, открывшим новую страницу в развитии тепловых источников света, явилось создание в 1959 г. галогенных ЛН в кварцевой колбе (ГЛН), получивших в настоящее время широкое распространение.

Значение ЛН остается важным, несмотря на быстрое развитие ГЛ. Доля светового потока от ЛН в суммарном световом потоке составила в СССР в 1970 г. около 60 %, в 1975 г. — 40—45 % и в 1980 г. — 35—40 %. С 1970 по 1980 г. выпуск ЛН увеличился на 38% и составил в 1980 г. 2153 млн. шт.; производство на душу населения возросло на 26 %; номенклатура ламп увеличилась на 85 % и превысила 1600 наименований. Во многих областях применения ЛН не имеют равноценной замены.

«Долголетие» и массовость применения ЛН обусловлены относительно низкой стоимостью, удобством в обращении, простотой в обслуживании, малыми первоначальными затратами при оборудовании осветительных установок, разнообразием конструкций, напряжений и мощностей, высоким уровнем механизации производства.

Главными недостатками ЛН являются сравнительно низкая световая отдача (6,7—19,1 лм/Вт), обычно невысокая продолжительность горения (не более 2000 ч), не всегда приемлемая цветопередача и недостаточная механическая прочность ряда типов специальных ламп. Уровень качества ЛН непрерывно повышается (рис. 4.2), и имеются еще неиспользованные резервы для дальнейшего роста.

Устройство ЛН показано на рис. 4.3. Главной частью является тело накала *1*. Оно может представлять собой нить, спираль, биспираль, триспираль, иметь разнообразные размеры и форму (рис. 4.4).

Тело накала изготавливается из вольфрамовой проволоки [4.6, 4.7] по ГОСТ 19671-74. Вольфрам имеет высокую температуру плавления (3650±50 К) и малую скорость испарения [$9{,}9\cdot10^{-3}$ г/(м²·с) при 3000 К]; формоустойчив при высокой рабочей температуре; устойчив к механическим нагрузкам; обладает высокой пластичностью в горячем состоянии, что позволяет получать из него нити весьма малых диаметров путем протяжки проволоки через калиброванные отверстия; тонкие проволоки хорошо спирализуются.

Вольфрам является селективным излучателем; максимум излучения его сдвинут по сравнению с черным телом в сторону более коротких волн при одинаковой температуре излучателей (рис. 4.5). Из рисунка видно, что спектральный коэффициент теплового излучения вольфрама увеличивается с уменьшением длины волны. Поэтому световой КПД излучения и световая отдача вольфрама больше, чем у черного тела при той же температуре (рис. 4.6). Наибольшая световая отдача, которая может быть получена при температуре плавления вольфрама, равна примерно 50 лм/Вт.

Для расчета размеров спирального и биспирального тела накала (диаметр и длина проволоки; диаметр

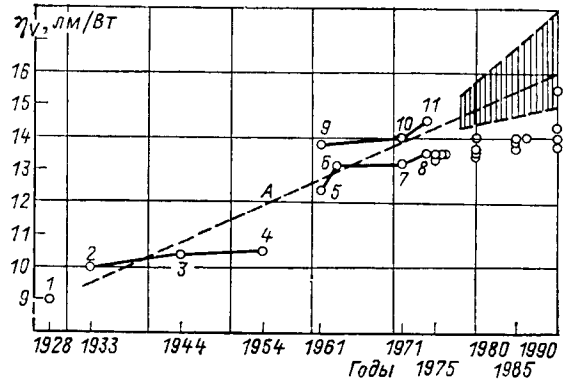


Рис. 4.2. Динамика роста световой отдачи ЛН 100 Вт, 200 В. *1* — вакуумная ЛН с прямой вольфрамовой нитью; *2—4* — аргоновое наполнение, моноспираль; *5—8* — аргоновое наполнение, биспираль; *9—11* — криптоновое наполнение, биспираль. Линия *A* характеризует тенденцию роста η_v. Заштрихована область возможных значений η_v. Отдельно стоящие точки — оценки экспертов для биспиральных ЛН с аргоновым наполнением.

керна и шаг спирали; коэффициенты керна и шага; диаметр и длина спирали и биспирали и т. п.), а также для определения их формы, разработаны особые методы. Они излагаются в специальной литературе [4.1,29].

Тело накала *1* фиксируют в пространстве с помощью внутренних звеньев токовых вводов (электродов) *2* и держателей *3* (см. рис. 4.3). В зависимости от типа ламп вводы могут быть одно-, двух- и трехзвенными. Трехзвенные вводы состоят из внутреннего звена, изготовленного из никеля, ферроникеля, меди или платинита — в зависимости от вида ламп, среднего звена, впаиваемого в стекло (большей частью из платинита) *4* и внешнего звена (вывода) *5*, обычно медного или платинового.

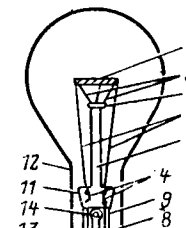


Рис. 4.3. Схематическое (принципиальное) изображение электрической лампы накаливания.

Вводы и держатели являются частью так называемой ножки. Это стеклянный конструктивный узел лампы, который кроме вводов и держателей включает в себя стеклянный цельный или пустотелый штабик *6* с линзой *7*, стеклянный пустотелый штенгель *8* и стеклянную трубку-тарелку *9*, развернутую в нижней части (развертка *10*), соединенные в единую конструкцию расплавлением и заштамповкой стеклянных элементов в зоне лопатки *11*. Ножка служит опорой для тела накала лампы и вместе с колбой *12* обеспечивает герметизацию лампы.

Для обеспечения нормальной работы раскаленного вольфрамового тела накала необходимо изолировать его от кислорода воздуха. Для этого тело накала нужно разместить либо в безвоздушной среде (такие лампы называются вакуумными), либо в среде так называемых инертных газов или их смесей, не реагирующих с материалом тела накала (газополные лампы). Конст-

руктивно эта задача решается следующим образом: ножку с телом накала помещают в стеклянную колбу *12*; горло колбы *13* герметично спаивают с разверткой тарелки; через штенгель и откачное отверстие *14* из пространства внутри колбы откачивают воздух (в случае газополной лампы затем вводят инертный газ); наконец запаивают штенгель, обеспечивая полную герметичную изоляцию внутреннего пространства лампы от окружающей среды. На рис. 4.7 показаны основные виды колб ЛН.

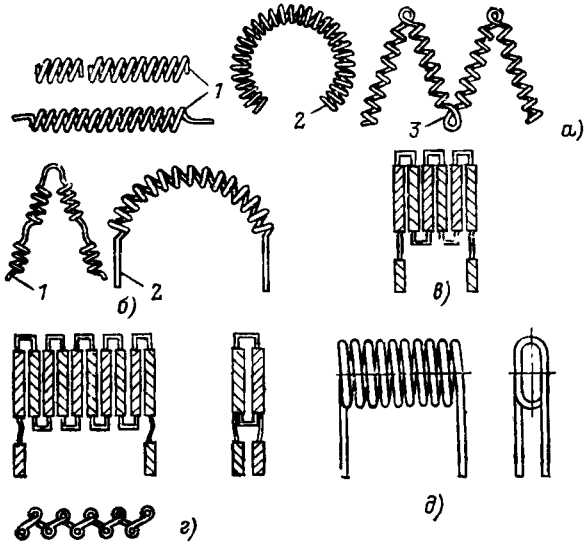


Рис. 4.4. Наиболее распространенные формы тел накала. *а* — спирали (*1* — прямолинейная, *2* — дуговая, *3* — в виде зигзага); *б* — секционные (двухсекционные) (*1* — под углом, *2* — дужкой); *в* — многосекционные, формованные в одной плоскости, — «моноплан»; *г* — многосекционные, формованные в двух плоскостях, — «биплан»; *д* — плоские, изготавливаемые из керне в виде пластины.

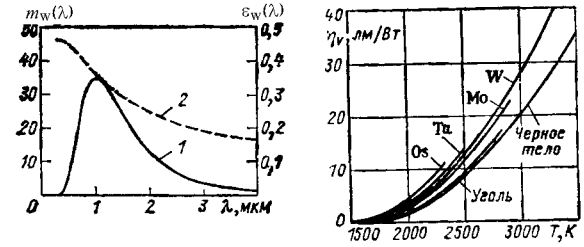


Рис. 4.5. Спектральные плотности энергетической светимости вольфрама (*1*) при $T=2600$ К; спектральный коэффициент теплового излучения вольфрама (*2*) при той же температуре [4.1].

Рис. 4.6. Световая отдача некоторых металлов, угля и черного тела в зависимости от температуры [29].

Для удобства эксплуатации на горле лампы *15* с помощью цоколевочной мастики укрепляют цоколь, к корпусу *16* и контактной пластине *17* которого припаивают или приваривают выводы электродов. В зависимости от назначения ламп применяют разные типы цоколей [4.10]. Примеры конструктивного исполнения цоколей даны на рис. 4.8.

Приведенные на рис. 4.3 узлы и детали имеют все ЛН, но в некоторых типах ЛН отдельные узлы и детали упрощены или отсутствуют. Например, у миниатюрных ЛН ножка представляет собой стеклянную бусинку с впаянными в нее двумя платинитовыми электродами, у сверхминиатюрных ножка отсутствует, а штенгелем служит сама колба, сужеиная в зоне отпайки. Однако главные фукции отдельных узлов и деталей для всех электрических ЛН остаются неизменнымн.

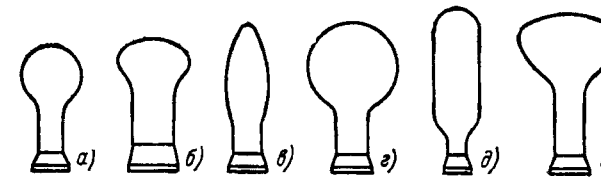


Рис. 4.7. Осиовиые виды колб ламп иакаливания.

а — каплеобразная (шар — конус); *б* — грибообразная; *в* — свечеобразная; *г* — шаровая; *д* — цилиндрическая; *е* — параболическая.

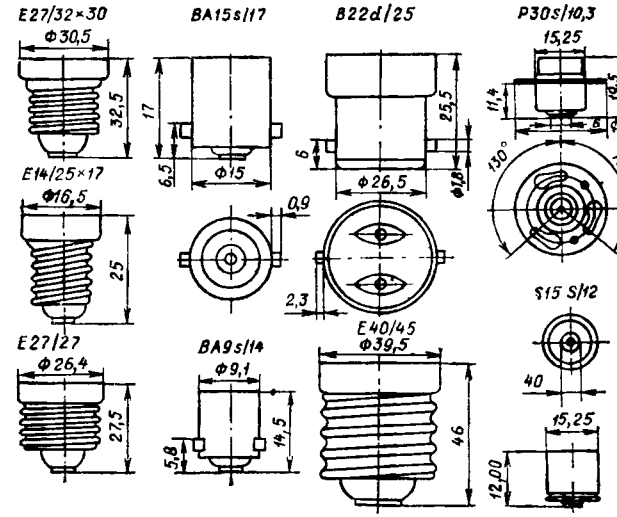


Рис. 4.8. Осиовиые типы цоколей для ламп иакаливания.

E — резьбовой; *B* — штифтовой; *BA* — штифтовой для автомобилей; *P* — фокусирующий; *S* — цилиндрический [35].

Коиструироваиие ЛН разных типов состоит из решения одних и тех же задач: рассчитать и сконструировать тело иакала; закрепнть его в пространстве; выбрать оптимальный состав среды, окружающей тело накала; изолировать герметично тело накала и окружающую его среду от внешиего пространства; обеспечить удобное и безопасное присоединение лампы (тела иакала) к электрической сети.

Классификация ЛН чаще всего производится по двум признакам: по назначению и по конструкции (технологии изготовления). Классификация ламп по назначению приведена в табл. 4.1. Все ЛН разделяют обычно на лампы общего назиачения (группы 1.1.1 и 1.1.2) и лампы специального назначения (группы 1.1.3—1.1.8). В осиове классификации по коиструкции лежит принцип группировки ламп, которые можно изготавливать на однотипиом технологическом оборудовании. Это прежде всего определяется размером и формой колб, от которых зависят размер и конструкция ножек, тела накала, вводов, тип цоколя, а зиачит и характер соответствующего технологического оборудования (табл. 4.2).

Таблица 4.2. **Классификация ламп накаливания по конструктивно-технологическим признакам**

Наименование класса ламп	Диаметр колбы, $d_к$, мм	Длина лампы, l, мм	Форма колбы и особенности конструкции
Крупногабаритные	>80	>175	Преимущественно шар-конус
Среднегабаритные	40—80	73—175	Шар-конус и грибообразная
Малогабаритные	25—40	30—75	Шар-конус или шарообразная
Миниатюрные	5—20	10—30	Шарообразная или цилиндрическая; ножка, как правило, бусниковая
Сверхминиатюрные	<5	<10	Безножечная конструкция
Цилиндрические	15—30	<80	Цилиндрическая; преимущественно одноцокольные; тело накала развернуто вдоль оси лампы
Лампы-фары	100—200	—	Специальные формы, сваренные из штампованных стеклянных деталей, выполняющих роль отражателя и рассеивателя
Лампы-светильники	100—250	—	Специальные формы, вытянутые, часть колбы выполняет функцию отражателя, купол—рассеивателя
Галогеиные (ГЛН)	5—15	15—500	Кварцевые трубчатые колбы

Лампы накаливания могут классифицироваться и по другим признакам, например по напряжению, мощности, по характеру среды, окружающей тело накала (вакуумные, газополные, т. е. аргоновые, криптоновые, ксеноиовые с разным содержанием азота, галогенные— с добавкой к наполняющему газу определенной доли галогенов).

Из приведенной классификации ЛН легко понять, как формируются основные требования к ним. Прежде всего определяется, к какому классу по назначению относится новая лампа, и полностью учитываются требования соответствующего потребителя. Затем стремятся так конструктивно выполнить лампу, чтобы она вошла в один из конструктивно-технологических классов. Первое позволяет создать лампу, полностью удовлетворяющую специфическим требованиям потребителя, а второе — использовать имеющееся технологическое оборудование для изготовления новых ламп, сократить затраты на организацию производства.

Приведенная классификация носит относительный (условный) характер, так как четкие грани между отдельными классами ЛН провести невозможно.

Маркировка ЛН содержит следующие элементы:

первый элемент марки — от одной до четырех букв — характеризует лампу по важнейшим физическим и конструктивным особенностям (В — вакуумная моноспиральная, Г — газополная моноспиральная, Б— газополная биспиральная, К — криптоновая, МТ — с матированной колбой, МЛ — в колбе молочного цвета, ОП — с опалиновой колбой и т. п.); ряд ламп, особенно специальных, первого элемента в обозначении не имеет;

второй элемент — буквенное выражение из одной-двух букв определяет назначение ламп (А — автомобильная, Ж — железнодорожная, КМ — коммутаторная, ПЖ — прожекторная, СМ — самолетная и т. д.);

третий элемент — цифровое выражение — определяет номинальное напряжение в вольтах и через дефис (в зависимости от принятой маркировки данного вида ламп) — номинальную мощность в ваттах либо силу света в канделах, ток в амперах или световой поток в люменах; для двухспиральных ламп после номинального напряжения указываются параметры (например, мощности) первой и второй спиралей, соединенные знаком +;

четвертый элемент — отделенная дефисом от третьего элемента цифра — указывает порядковый номер доработки; для ламп, разработанных впервые, четвертый элемеит отсутствует.

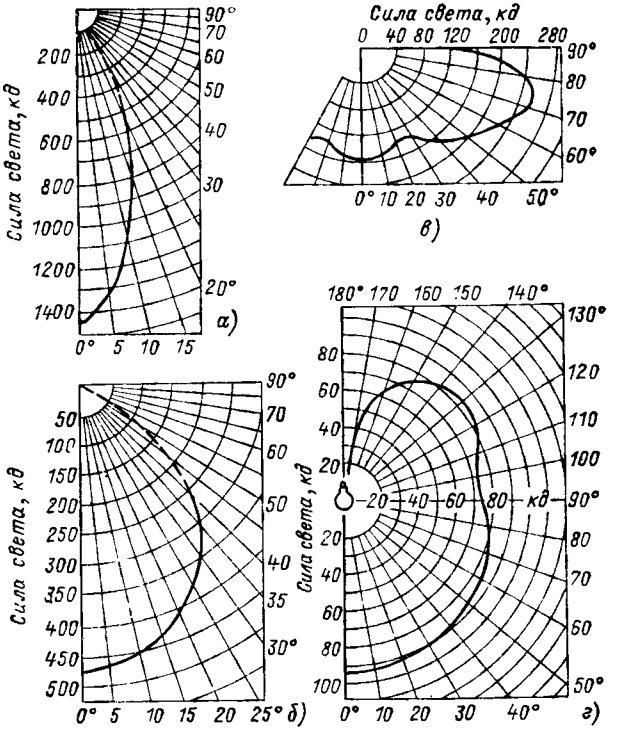


Рис. 4.9. Типовые продольные КСС зеркальных ЛН с условным потоком 1000 лм концентрированного (*а*), среднего (*б*) и широкого (*в*) светораспределения и ЛН в прозрачной колбе (*г*).

Примеры маркировки ламп: БКМТ220-100-2 — лампа накаливания биспиральная (Б), криптоновая (К), в матированной колбе (МТ), напряжение 220 В, мощность 100 Вт, вторая доработка; А12=21+6 — лампа накаливания автомобильная, напряжение 12 В, двухспиральная, сила света 21 и 6 кд.

Параметры ЛН имеют широкий диапазон номинальных значений. Например, ряд напряжений простирается от единиц до 380 В, ряд мощностей — от долей ватта до 10—20 кВт, световой поток — от долей люмена до сотен тысяч люменов, сила света — от долей канделы до десятков тысяч кандел, диаметр колбы — от 1—2 до 200 мм и более.

У ламп с зеркализованными колбами и встроенными экранами нормируются кривые силы света (рис. 4.9), сила света в направлении оптической оси лампы, световой поток, излучаемый в нижнюю полусферу или какую-нибудь другую зону. У большинства зеркальных ламп КПД равен 0,75—0,80, а коэффициент усиления (см. разд. 5) лежит в пределах от 3 (широкое светораспределение) до 20 (концентрированное светораспределение).

Яркость свечения ЛН существенно различна. Лампы для кинопроекторов, прожекторов, светосигнальных приборов имеют высокую яркость. Для них применяют прозрачную колбу и компактное тело накала, которо-

му придают максимальную температуру. Для освещения жилых помещений часто применяются лампы в матированной или молочной колбе, снижающей яркость. У спиральной вакуумной лампы мощностью 40 Вт габаритная яркость при прозрачной колбе около 2000×10^3 кд/м², а при матированной $20\cdot10^3$ кд/м².

Спектральные и цветовые параметры. ЛН имеют сплошной (непрерывный) спектр излучения. Цветность излучения характеризуется координатами цветности x и y на цветовом графике (см. разд. 3). Температура $T_{цв}$ для ЛН в прозрачной колбе на 50—100 К

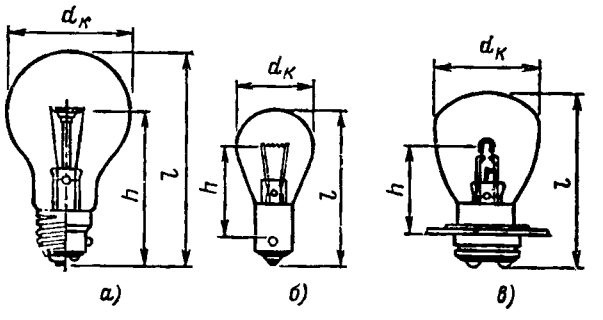


Рис. 4.10. Обозначение основных размеров ламп накаливания. *а* — общего назначения; *б* — автомобильных; *в* — автомобильных с фокусирующим цоколем.

выше истинной температуры вольфрамового тела накала. Цветопередача характеризуется индексом цветопередачи R_a (см. разд. 3). Указанные параметры зависят от материала тела накала, его рабочей температуры, спектров поглощения и пропускания стенок колбы и нанесимых на колбу декоративных и других покрытий, а также в некоторой мере от формы тела накала. Из-за относительно невысоких рабочих температур тела накала (2400—2600 К, при этом $T_{цв}\approx2500\div2700$ К) в видимом излучении ЛН преобладают оранжево-красные лучи. Поэтому при освещении такими лампами усиливаются «теплые» цветовые тона (красные, оранжевые, коричневые) и ослабляются «холодные» (зеленые, голубые, фиолетовые), что не позволяет обеспечить высокое качество цветопередачи. Путем применения светофильтров и цветных колб, частично поглощающих оранжево-красное излучение, в принципе можно повысить цветовую температуру ЛН до 3500—4000 К, но световой поток при этом снизится на 30—35 %.

Геометрические и конструктивные параметры (рис. 4.10) — это габаритные размеры (полная длина лампы l, диаметр колбы $d_к$); присоединительные размеры, определяемые выбранными цоколем и патроном; высота светового центра h; форма и расположение тела накала; конструкция ножки; форма колбы; тип цоколя.

Механические и климатические параметры: вибростойкость и вибропрочность; ударопрочность; прочность крепления цоколя к колбе; стойкость к внешнему давлению и разрежению; стойкость к температуре окружающей среды; стойкость против воздействия влаги и химически агрессивных сред. Численные значения этих параметров указываются в стандартах и технических условиях на лампы [4.9]. Например, железнодорожные лампы должны выдерживать вибрационную нагрузку с частотой 25 Гц и ускорением 25 м/с² в течение 6 ч (из них 3 ч с подачей напряжения на лампу), а также ударную нагрузку из 1000 ударов с максимальным ускорением 30 м/с² и длительностью удара 40—80 мс в течение времени, соответствующего 500 ударам (из них 250 ударов с подачей напряжения на лампу). Для автомобильных и ряда других ламп значения этих параметров еще выше. Так, некоторые сверхминиатюрные лампы выдерживают многократные удары с ускорением 1500 м/с² и более.

Для оценки прочности крепления цоколя к колбе нормируются прилагаемые к цоколям крутящие моменты, значения которых должны быть в пределах от 0,05 до 5 Н·м в зависимости от диаметра присоединительной части корпуса цоколя; после истечения срока службы допускается снижение их примерно в 2 раза. Прочность крепления цоколя у некоторых специальных ламп проверяется приложением к нему определенного отрывного усилия или многократным вставлением лампы в соответствующий патрон.

Большинство ЛН эксплуатируется в нормальных климатических условиях: наружная температура $+25\pm10$ °С, атмосферное давление 950—1030 гПа (720—788 мм рт. ст.), относительная влажность воздуха 65 ± 15 % при 25 °С. Однако к ряду ламп (для тропического климата, для самолетов и судов, для глубоководного погружения, герметизированных арматур, животноводческих помещений и др.) предъявляются особые климатические требования, которые фиксируются в стандартах и технических условиях.

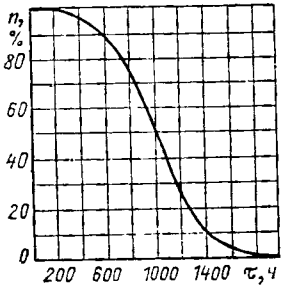


Рис. 4.11. Типичная кривая выхода ламп накаливания из строя при испытании на срок службы [14].

Параметры *долговечности, надежности* и *стабильности* ЛН:

полный срок службы $\tau_{полн}$ — суммарное время горения лампы в часах от момента включения до момента прекращения функционирования;

средний или номинальный срок службы τ — среднеарифметическое из полных сроков службы всех ламп, входящих в партию. На рис. 4.11 показана типичная кривая выхода ламп накаливания из строя, из которой следует, что для задач текущего контроля за средний срок службы можно принимать отрезок времени, в течение которого вышло из строя 50 % ламп из партии, поставленной на испытания;

гарантированный срок службы $\tau_г$ — суммарное время горения любой ЛН, выпущенной предприятием, например для ЛН общего назначения $\tau_г=700$ ч при среднем сроке службы $\tau=1000$ ч;

полезный срок службы $\tau_п$ — экономически и технически целесообразное суммарное время горения ЛН или совокупности ламп [29];

реальный срок службы $\tau_р$ — средняя продолжительность горения ламп в реальных условиях эксплуатации;

наработка на отказ — суммарное время горения до отказа, т. е. до снижения светового потока ниже установленного уровня или до нуля вследствие перегорания тела накала или незажигания лампы;

вероятность безотказной работы;

коэффициент стабильности светового потока ν — число, на которое нужно умножить номинальное значение светового потока, чтобы получить среднее его значение за срок службы ($\nu=\Phi_{ср}/\Phi$). Этот показатель у ЛН довольно высок: для вакуумных ламп общего назначения он равен 0,87—0,90, а для газополных 0,91—0,95.

Экономичность ЛН характеризуется световой отдачей η_v, т. е. отношением светового потока, излучаемого лампой, к ее электрической мощности:

$$\eta_v=\Phi/P. \qquad (4.7)$$

Относительно невысокая световая отдача ЛН объясняется их физической природой; световой КПД вакуумных ламп равен 1,5 %, а газополных 2—4 %.

Взаимосвязь параметров ЛН определяется зависимостью каждого из них от температуры тела накала T. При изменении температуры на ±10 % эта зависимость удовлетворительно описывается уравнениями [4.1, 29]

$$\frac{P}{P_0}=\left(\frac{T}{T_0}\right)^{4,8};\quad \frac{\Phi}{\Phi_0}=\left(\frac{T}{T_0}\right)^{10,8};$$
$$\frac{\eta_v}{\eta_{v0}}=\left(\frac{T}{T_0}\right)^{6};\quad \frac{\tau}{\tau_0}=\left(\frac{T}{T_0}\right)^{-40}, \qquad (4.8)$$

где T_0, P_0, Φ_0, η_{v0}, τ_0 — исходные температура тела накала, мощность, световой поток, световая отдача и срок службы лампы, а T, P, Φ, η_v, τ — иное значение температуры и соответствующие иные значения параметров.

Параметры ЛН изменяются при отклонении напряжения питания от номинального. Если эти отклонения не превышают ± 10 %, то справедливы следующие соотношения [4.1]:

$$\frac{T}{T_0}=\left(\frac{U}{U_0}\right)^{0,33};\quad \frac{P}{P_0}=\left(\frac{U}{U_0}\right)^{1,6};$$
$$\frac{\Phi}{\Phi_0}=\left(\frac{U}{U_0}\right)^{3,6};\quad \frac{\eta_v}{\eta_{v0}}=\left(\frac{U}{U_0}\right)^{2};$$
$$\frac{\tau}{\tau_0}=\left(\frac{U}{U_0}\right)^{-(11,2\div 14,8)}, \qquad (4.9)$$

где U_0 — номинальное напряжение, а U — напряжение, отличное от номинального.

Широко используется при расчете ЛН связь между сроком службы и световой отдачей:

$$\tau=\tau_0\,(\eta_v/\eta_{v0})^{-z}, \qquad (4.10)$$

где z обычно принимается равным 7.

Как видно из (4.8)—(4.10), зависимости между многими параметрами ЛН могут быть представлены уравнением

$$N/N_0=(B/B_0)^{n_{NB}}, \qquad (4.11)$$

где N_0 и B_0 — исходные значения каких-то двух параметров; N и B — иные значения тех же параметров (один из которых является независимым, а другой — зависимым от первого); n_{NB} — показатель степени, зависящий от выбранной пары параметров.

На параметры ламп влияет не только работа тела накала, что учитывается формулой (4.11), но и многочисленные конструктивные и технологические факторы (состав и давление наполняющих газов, качество применяемых материалов и полуфабрикатов, соблюдение вакуумной гигиены, технический уровень монтажных и сборочных операций и т. п.). Влиянию многих из этих факторов также даны количественные и качественные оценки [29, 4 6, 4.7].

Типы, области применения и характеристики осповных групп ламп накаливания приведены в табл. 4.3.

Лампы общего назначения — вакуумные (В), биспиральные аргоновые (Б), биспиральные криптоновые (БК), газополные моноспиральные (Г) (ГОСТ 2239-79)— предназначены для освещения помещений и открытых пространств, рассчитаны на напряжения 127 и 220 В (табл. 4.3). Срок службы ламп 1000 ч. Учитывая нестабильность напряжения в сетях, ГОСТ 2339-79 предусматривает выпуск ЛН на расчетные напряжения 130, 220, 225, 235 и 240 В (на лампе указывают диапазон напряжений: 125—135, 215—225, 220—230, 230—240 и 235—245 В). Расчетное напряжение 240 В применяется только для ЛН мощностью 60, 100, 150 Вт. Лампы на 230—240 и 235—245 В предназначены для использования там, где в сетях наблюдается повышенное напряжение. При расчетном напряжении средняя продолжительность горения ЛН должна быть не менее 1000 ч, а продолжительность горения каждой лампы — не менее 700 ч. У ЛН в матированных колбах

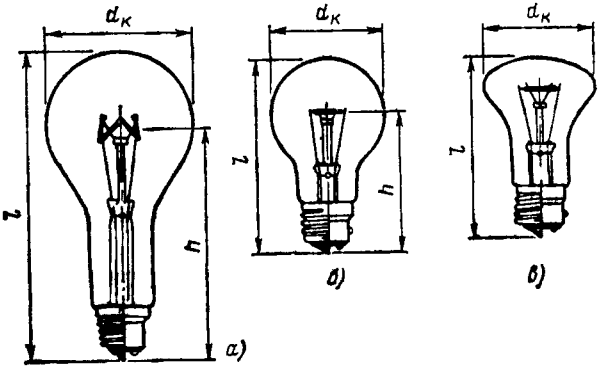


Рис. 4.12. Лампы накаливания общего назначения.

а — моноспиральная с аргоновым наполнением; *б* — вакуумная или биспиральная с аргоновым наполнением; *в* — биспиральная с криптоновым наполнением.

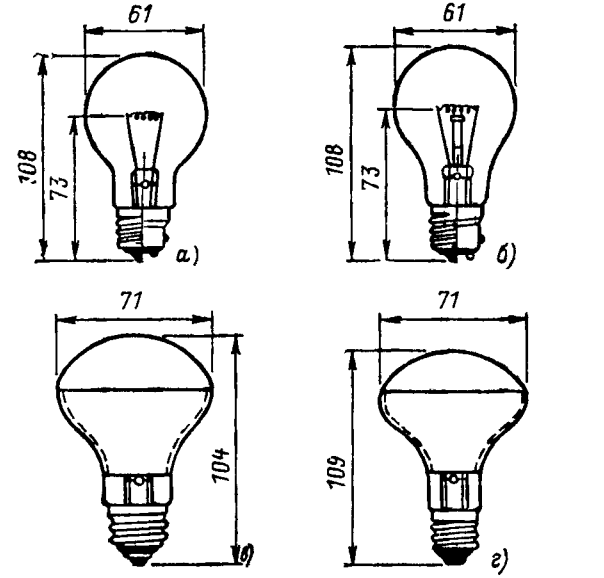


Рис. 4.13. Лампы накаливания местного освещения.

а, *б* — в прозрачной колбе МО12-60 и МО36-60; *в* — в колбе с диффузным отражателем МОД36-60; *г* — с зеркальным отражателем МО336-60.

световой поток на 3 %, в опаловых на 10 % и в молочных на 20 % ниже, чем у ламп в прозрачной колбе.

На рис. 4.12—4.20 показан внешний вид наиболее распространенных ЛН, а в табл. 4.4—4.12 приведены параметры ламп.

Таблица 4.3. Типы, области применения и характеристики основных групп ламп накаливания

Наименование ламп	Обозначение типов ламп	Номер рисунка	Область применения	Напряжение, В	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Срок службы, ч	Размеры, мм		Типы цоколей	Количество типоразмеров
								$d_к$	l		
Общего назначения ГОСТ 2239-79 (см. табл. 4.4)	Б, Б, БК, Г	4.12	Помещения и открытые пространства	125—245	15—1000	85—19 500	1000	61—151	90—345	См. табл. 4.4	70
Местного освещения ГОСТ 1182-77 (см. табл. 4.5)	МО, МОЗ, МОД	4.13	Рабочие места	12; 24; 36	15—100	200—1740	1000	61—81	108—129	E27/27 B220/25	30
Транспортные:											
автомобильные ГОСТ 2023-75 (см. табл. 4.6)	А, АМН, АС	—	Автомобили	6; 12; 24	0,8—80	1—60*	100—1500	6,4—41	20—82	См. табл. 4.6	51
железнодорожные ГОСТ 1181 74 (см. табл. 4.7	Ж, ЖТ, ЖСК, ЖМТ	4.14	Подвижной состав железных дорог	24—220	10—100	75—1050	400—1000	28—66	70—108	См. табл. 4.7	9
судовые ГОСТ 1608-78 (см. табл. 4.8)	С	—	Суда	13—220	25—200	165—2600	200—1000	36—81	57—159	См. табл. 4.8	34
самолетные	СМ	—	Самолеты	2,5—115	0,15—70	0,3—315	30—1000	4,3—48	11,5—72	B15d; B15s	50
Индикаторные и сигнальные:											
миниатюрные ГОСТ 2204-74	МН	4.15, *а*, *б*, *в*	Переносные фонари, шкалы приборов, сигнальные устройства	1—36	0,068—0,72**	2,3—85	6—1500	10—16	24—30	E10/13; B9s/14	25
сверхминиатюрные	СМН, СМНК	4.15, *г*, *д*, *е*	Медицинские приборы, пульты управления сигнальные устройства	1,2—12	0,005—0,15**	0,05—4	20—2000	2—3,2	9—32	Специальные	15
коммутаторные ГОСТ 6940-74	КМ	—	Сети телефонных коммутаторов	6—60	0,035—0,1**	0,4—5,7	500—2000	7	46	Пластмассовый наконечник с двумя латунными пластинами	8
светофорные ГОСТ 11085-79	ЖС	—	Железнодорожные светофоры	10; 12	5—35	48—380	600—2000	21—56	57—102	Штифтовые специальные и фокусирующие	9
маячные ГОСТ 16301-80	ММ, КГММ	—	Морское навигационное оборудование	6—110	3—1000	22—20 000	110—440	16—112	29—215	E27/27, E40/45; B15s; B9s/14	12
сигнальные специальные	СГ, СГА	—	Сигнальные устройства, сигнальные огни аэродромов	1,2—220	0,45—200	1,3—5000	30—2000	5,5—66	17—155	Штифтовые, фокусирующие, специальные	
в цилиндрических баллонах ГОСТ 5011-77 (см. табл. 4.9)	Ц	—	Сигнализация	127; 220	10—25	52—190	1000—1100	20—31	86	E27/27; E14/25×17	12
Для оптических систем и приборов:											
кинопроекционные ГОСТ 4019-74	К	4.16	Проекционная, звукозаписывающая, копировальная киноаппаратура	4—220	3—750	20—21 800	10—500	22—180	51—267	Резьбовые, штифтовые, фокусирующие, специальные	50
для оптических приборов:		—	Приборостроение, оптика	2,4—33	1,2—100	3,2—17 500	5—500	4,6—61	14—113	То же	40
обычные в цилиндрических колбах	ОП СЦ										
с криптоновым окном	ИК										
прожекторные ГОСТ 7874-76	ПЖ	4.17, *а*, *б*	Прожекторы	11—220	25—10 000	18—280 000	5—800	43—275	70—460	Резьбовые, фокусирующие	40
кинопрожекторные	КПЖ	4.17, *в*	Прожекторы заливающего света	110; 220	150—3000	3750—79500	5—75	61—305	115—475	Фокусирующие. «Бипост»	13
лампы-фары:											
автомобильные	АФ	4.18, *а*	Автомобили	6; 12	40—100	—	400	148—178	125	—	9
самолетные	СМФ	4.18, *б*	Самолеты	28	200; 500	—	5—100	94—205	56—100	—	5
инфракрасные	ИФК	4.18, *в*	Инфракрасные светотехнические системы	4,5 и 9	20; 75	—	15—30	95; 178	75; 105	—	2
зеркальные лампы-светильники (см. табл. 4.10):			Общее и местное освещение								
концентрированные	ЗК	4.9, *а*; 4.19		127; 220	40—1000	530—23 980*	1000—1500	91—210	136—267	E27; E40	24
среднего	ЗС	4.9, *б*		127; 220; 240	40—100	210—690*	1100; 1650	73; 87	122; 128	E27/27	7
широкого светораспределения	ЗШ	4.9, *в*		220	300—1000	1100—4950*	1250	134; 162	250; 300	E40/55×47	4
с диффузным отражающим слоем со стороны цоколя:			Местное освещение								13
аргоновые	ДБ, ДГ			127	40—200	390—2860		71—96	105—165		
				220	40—300	340—3700	1000	71—105	105—195	E27/27	
криптоновые	ДБК			220	60; 100	650; 1190		51; 56	96—101		
Метрологические:											
светоизмерительные ГОСТ 1077-64		4.20	Эталоны сравнения								20
силы света	СИС			10—107	8,6—915	5—1500*	—	—	—	E27	
светового потока	СИП		Оптические пирометры	3,5—107	1,9—260	10—3500	—	—	—		
пирометрические											
Для технологических целей:											
инфракрасные зеркальные ГОСТ 13874-76 (см. табл. 4.11)	ИКЗ, ИКЗК, ИКЗС		Облучательные ИК установки	См. табл. 4.11		$T_п = 2350 \pm 100$ К, $\lambda_м = 1100 \div 1200$ нм, 10 типоразмеров					
галогенные (см. табл. 4.12)	КГ, КГО, КГД, КГТ	4.26, *а*, *б*	Облучательные ИК установки	См. табл. 4.12							
фотографические ГОСТ 9750-78	Ф, ФД, ФУ, ФС		Освещение объектов съемки, фотолабораторий, фотоувеличители	127; 220	25—500	10—13 650	6—750	61—81	101—170	E27	6
Специальные лампы:											
рудничные	Р		Головные, ручные и сигнальные шахтные светильники	2,4—130	до 60	16,5—675	50—1300	16—66	37—133	Штифтовые, специальные	12
подводные	РН, СЦ, РЛ, РЛЗС		Подводное освещение, лов рыбы	12; 110; 220	150—2000	1950—50 000	100—500	56—132	115—300	E27, E40, специальные	12

* Приведена осевая сила света в канделах.
** Приведен ток в амперах.

Таблица 4.4. **Параметры ЛН общего назначения с расчетными напряжениями 130 и 220 В**

Тип ламп	Номинальные значения				Тип цоколя*
	Ф, лм	$d_к$, мм	l*, мм	h, мм	
В125-135-15	135	61	105	—	E27/27
В125-135-25	260	61	105	—	
Б125-135-40	485	61	110	80	
БК125-135-40	520	51	98		
Б125-135-60	810	61	110		
БК125-135-60	875	51	98		
Б125-135-100	1540	61	110		
БК125-135-100	1630	56	105		
Г125-135-150	2280	71	137	100	
Г125-135-150-1	2280	81	166,5	128	
Г125-135-200	3200	81	166,5	128	
Г125-135-300	4900	91	184	133	E27/30
Г125-135-300-1	4900	111	240	178	E27/45
Г125-135-500	8700	111	240	178	
Г125-135-1000	19 100	151	309	225	
В215-225-15	105	61	105	—	E27/27
В215-225-25	220	61	105	—	
Б215-225-40	415	61	110	80	
БК215-225-40	460	51	98		
Б215-225-60	715	61	110		
БК215-225-60	790	51	98		
Б215-225-75	950	61	110		
БК215-225-75	1020	56	105		
Б215-225-100	1350	61	110		
БК215-225-100	1450	56	105		
Б215-225-150	2100	71	137	100	E27/30
Б215-225-150-1	2100	81	166,5	128	
Г215-225-150	2090	71	137	100	
Г215-225-150-1	2090	81	166,5	128	
Б215-225-200	2920	81	166,5		
Г215-225-200	2920	81	166,5		
Г215-225-300	4610	91	184	133	E27/45
Г215-225-300-1	4610	91	189		
Г215-225-500	8300	111	240	178	
Г215-225-750	13 100	151	309	225	
Г215-225-1000	18 600	151	309	225	

* С цоколем B22d25, допускаемым для ламп мощностью до 150 Вт, длина лампы уменьшается на 1,5 мм, высота светового центра — на 8 мм.

Примечание. Расчетное напряжение лампы равно среднему из первых двух чисел об значения типа, мощность—третье число.

Таблица 4.5. **Параметры ЛН местного освещения на напряжение 12, 24, 36 В**

Тип лампы	Номинальные значения				
	Ф, лм	$d_к$, мм	l, мм	h, мм	I_D, кд
МО12-15	200	61	108	73	—
МО12-25	380	61	108	73	—
МО12-40	620	61	108	73	—
МО12-60	1000	61	108	73	—
МО24-25	350	61	108	73	—
МО24-40	580	61	108	73	—
МО24-60	950	61	108	73	—
МО24-100	1740	66	129	94	—
МО36-25	345	61	108	73	—

Продолжение табл. 4.5

Тип лампы	Номинальные значения				
	Ф, лм	$d_к$, мм	l, мм	h, мм	I_D, кд
МО36-40	580	61	108	73	—
МО36-60	950	61	108	73	—
МО36-100	1590	66	129	94	—
МОД12-25	270	71	109	—	—
МОД12-40	490	71	109	—	—
МОД12-60	880	71	109	—	—
МОД24-40	820	71	109	—	—
МОД24-60	950	71	109	—	—
МОД24-100	1740	81	128	—	—
МОД36-25	240	71	109	—	—
МОД36-40	470	71	109	—	—
МОД36-60	760	71	109	—	—
МОД36-100	1380	81	128	—	—
МО312-40	400	71	109	—	150
МО312-60	660	71	109	—	245
МО324-40	420	71	109	—	160
МО324-60	680	71	109	—	250
МО324-100	1250	81	128	—	460
МО336-40	400	71	109	—	135
МО336-60	650	71	109	—	240
МО336-100	1200	81	128	—	450

Примечание. Номинальные напряжение и мощность лампы содержатся в обозначении типа.

Таблица 4.6. **Параметры некоторых автомобильных ЛН на напряжения 6, 12 и 24 В**

Тип лампы	Номинальные значения						Тип цоколя (см. рис. 4. 8)
	I, кд	Ф, лм	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	h, мм	
А6-1	1	12,6	1000	12	24	—	B9s/14
А6-2	2	25,1	1000	15	29	15	B9s/14
А6-3	3	37,7	1000	20	39	21	B15s
А6-6	6	75,4	600	20	39	21	B15s
А6-10	10	125,0	300	26	51	31	B15s
А6-15	15	189,0	400	26	51	31	B15s
А6-21	21	264,0	400	26	51	32	B15s
А12-1	1	12,6	1500	12	24	—	B9s/14
А12-1,5	1,5	18,9	750	15	29	15	B9s/14
А12-3	3	37,7	700	20	39	21	B15s
А12-4	4*	35,0	230	8,8	27,4	15	BA9s/14
А12-5	5*	50,0	230	19	37,5	30	BA15s/19
АМН12-3	3*	22,0	230	9,7	23,9	12,5	BA9s/14
АС12-5	5*	45,0	230	11	36	—	SV8,5/8
А12-8	8,2*	75,4	800	20	39	21	B15s
А12-15	15	189,0	330	26	51	31	B15s
А12-21	21	264,0	400	26	51	32	B15s
А12-32	32	402,0	430	36	60	29	P42s/11
А12-80	80*	1440,0	225	36	60	29	P42s/11
А24-1	1	12,6	1000	11	30	22	B9s/14
А24-2	3*	17,0	200	8,8	23,9	—	BA9s/14
А24-3	3	37,7	1100	20	39	21	B15s
АМН24-3	3,5*	17,0	200	6,4	20	—	BA7s/11
А24-5	7*	50,0	200	19	37,5	19	BA15s/19
АС24-5	7*	45,0	200	11	36	—	SV8,5/8
А24-21	21	264,0	200	26	51	52	B15s

* Номинальная мощность лампы.

Примечания: 1. Значения I, Ф, τ даны для расчетного напряжения.

2. Номинальное напряжение лампы — первые цифры в обозначении типа.

Таблица 4.7. **Параметры железнодорожных ЛН**

Тип лампы	Номинальные значения				Тип цоколя (см. рис. 4.8)
	Ф, лм	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	
Ж24-25	280	1000	43	70	B22d/25
Ж54-10	75	1000	31	83	B22d/25
ЖТ54-15	115	400	28	85	СФ-19*
Ж54-25	270	1000	61	104	B22d/25

Продолжение табл. 4.7

Тип лампы	Номинальные значения				Тип цоколя (см. рис. 4.8)
	Ф, лм	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	
ЖСК54-25	—	750	61	104	B22d/25
Ж54-40	480	1000	61	104	B22d/25
Ж54-60	810	1000	61	104	B22d/25
Ж80-60	740	1000	61	104	B22d/25
Ж220-100	1050	1000	66	108	B22d/25

* Софитный, бесштифтовый, с одной контактной пластиной.

Примечание. Напряжение и мощность содержатся в обозначении типа.

Таблица 4.8. Параметры основных типов судовых ЛН

Тип лампы	Номинальные значения				
	Ф, лм	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	h, мм
С13-25*	400	200	36	57	35
С24-25	315	1000	51	75	55
С24-40	550	1000	51	75	55
С24-60	870	1000	51	75	55
С24-100	1500	1000	81	159	118
С24-150	2300	1000	81	159	118
С27-25	330	1000	51	75	55
С27-40	550	1000	51	75	55
С27-60	860	1000	51	75	55
С110-25	205	1000	61	107	67
С220-40	340	1000	61	107	67
С110-60	580	1000	66	111	67
С127-25	225	1000	61	107	67
С127-40	345	1000	61	107	67
С127-60	560	1000	66	111	67
С127-100	1100	1000	66	111	80
С127-200	2600	1000	81	150	110
С220-25	165	1000	61	107	167
С220-40	335	1000	61	107	67
С220-60	550	1000	66	111	67
С220-100	930	1000	66	111	80
С220-200	2240	1000	81	150	110

* У ламп С13-25 цоколь B15d/18. Другие лампы имеют цоколь E27/27. Он может быть заменен на E27/27-A (с «насечкой» на резьбе) и на B22d/25×26.5 с уменьшением длины лампы на 3 мм и высоты светового центра на 10 мм.

Примечание. Напряжение и мощность содержатся в обозначении типа.

Таблица 4.9. Параметры ЛН в цилиндрических колбах на напряжение 127 и 220 В

Тип лампы	Номинальные значения			Тип (см. рис. 4. 8)
	Ф, лм	τ, ч	$d_к$, мм	
Ц127-10	55	1100	20	E14/25×17
Ц127-10-1	55	1100	31	E27/27
Ц127-15	105	1000	20	E14/25×17
Ц127-15-1	105	1000	31	E27/27
Ц127-25	190	1000	25	E14/25×17
Ц127-25-1	190	1000	31	E27/27
Ц220-10	52	1100	25	E14/25×17
Ц220-10-1	52	1100	31	E27/27
Ц220-15	90	1100	25	E14/25×17
Ц220-15-1	90	1100	31	E27/27
Ц220-25	175	1100	25	E14/25×17
Ц220-25-1	175	1100	31	E27/27

Примечание. Напряжение и мощность содержатся в обозначении типа. Полная длина лампы 86 мм.

Таблица 4.10. Параметры зеркальных ЛН

Тип лампы	Номинальные значения				Тип цоколя (см. рис. 4.8)
	I_D, кд	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	
ЗК127-40	630	1100	91	136	E27/27
ЗК127-60	1 060				E27/27
ЗК127-100	2 000		97	144	E27/27
ЗК127-150	1 870	1500	127	185	E27/32×30
ЗК127-200	2 530				E27/32×30
ЗК127-300	3 850				E27/32×30
ЗК127-300-1	4 300	1000	180	267	E27/45
ЗК127-300-2	3 100	1000	127	185	E27/32×30
ЗК127-500	9 900	1500	180	267	E40/55×47
ЗК127-500-1	7 500	1000			E40/45
ЗК127-750	18 480	1500	201		E40/55×47
ЗК127-1000	23 980	1500	201		E40/55×47
ЗК220-40	530	1000	91	136	E27/27
ЗК220-60	890				E27/27
ЗК220-100	1 730	1100	97	144	E27/27
ЗК220-100-2	2 100		111	140	E27/27
ЗК220-150	1 640	1500	127	185	E27/32×30
ЗК220-200	2 090				E27/32×30
ЗК220-300	3 190				E27/32×30
ЗК220 300-1	3 650	1000	180	267	E40/45
ЗК220-500	5 550	1500			E40/55×47
ЗК220-500-1	6 450	1000			E40/45
ЗК220-750	16 500	1500	210		E40/55×47
ЗК220-1000	22 600				E40/55×47
ЗС127-40	210	1100	73	122	E27/27
ЗС127-60	350				E27/27
ЗС127-100	690		87	128	E27/27
ЗС220-40	180		73	122	E27/27
ЗС220-60	300		78	122	E27/27
ЗС220-100	590		87	128	E27/27
ЗС240-100	520	1650	87	128	E27/27
ЗШ220-300	1 100	1250	134	250	E40/55×47
ЗШ220-500	1 980				E40/55×47
ЗШ220-750	3 190		162	300	E40/55×47
ЗШ220-1000	4 950		162		E40/55×47

Примечания: 1. Для ламп концентрированного и среднего светораспределения I_D измеряется по оси лампы, а для ламп широкого светораспределения — под углом 70±5° к оси.
2. Напряжение и мощность содержатся в обозначении типа.

Таблица 4.11. Параметры инфракрасных зеркальных ЛН

Тип лампы	Номинальные значения				Тип цоколя (см. рис. 4.8)**
	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	h', мм*	
ИКЗК127-250	6000	130	195	32±5	E27/30
ИКЗС127-250-1	6000	130	195	35±5	E27/30
ИКЗ127-250	6000	130	215	35±5	E40/45
ИКЗ127-500-1	6000	130	215	35±5	E40/40
ИКЗ127-500	6000	180	267	60±5	E40/40
ИКЗК220-250	6000	130	195	32±5	E27/30
ИКЗС220-250-1	6000	130	195	35±5	E27/30

Продолжение табл. 4.11

Тип лампы	Номинальные значения				Тип цоколя (см. рис. 4.8)**
	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	h', мм*	
ИКЗ220-250	6000	130	215	35±5	E40/45
ИКЗ220-500-1	6000	130	215	35±5	E40/40
ИКЗ220-500	6000	180	267	60±5	E40/40

* h — расстояние от купола до кромки зеркального покрытия

** Допускается по требованию потребителя изготовление ламп типов ИКЗК и ИКЗС со специальным цоколем по приложению 3 к ГОСТ 13874-76.

Примечание. Напряжение и мощность содержатся в обозначении типа.

му на каждом светильнике или в паспорте на него указываются максимальио допустимая мощность лампы, ее тип и другие данные;

обеспечение полного соответствия напряжения, указанного на лампе, напряжению сети;

соответствие климатических факторов предусмотренным ТУ на лампы, например ЛН нормального исполнения рассчитаны для работы при относительной влажности не более 98 % в интервале от —60 до +50 °С и при внешнем давлении 680—1010 гПа (550—760 мм рт. ст.). Для многих специальных ламп эти интервалы значительно шире;

обращение с лампами как с хрупкими электро- и пожароопасными изделиями;

соблюдение рекомендованного рабочего положения лампы в пространстве.

При эксплуатации следует учитывать, что лампа имеет высокую температуру на цоколе и в некоторых зонах поверхности колбы (рис. 4.21), температурное

Таблица 4.12. **Параметры галогенных ЛН для лучистого нагрева**

Тип лампы	Номинальные значения								Цоколь*
	U, В	P, Вт	$T_{цв}$, К	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	$d_{сп}$, мм	$l_{сп}$, мм	
КГТ127-600	127	600	2500	5 000	12	255	1,3	190	HPd 10×20
КГТД220-400-1	220	400	2300	3 000	9	280	1,1	245	*R7s*
КГТ220-600	220	600	2000	2 000	12	500	1,1	430	HPa 15×20
КГТД220-600	220	600	2200	2 000	12	500	1,1	423	HPa 15×20
КГ220-1000	220	1000	2500	5 000	11	375	1,3	290	HPc 15×65
КГТ220-1000	220	1000	2600	2 000	12	500	1,1	430	HPa 15×20
КГТ220-1000-1	220	1000	2500	10 000	12	375	1,3	300	HPa 15×20
КГТД220-1000	220	1000	2400	2 000	12	500	1,3	423	HPa 15×20
КГТД220-1000-1	220	1000	2600	2 000	12	375	1,3	297	HPa 15×20
КГТД220-1000-2	220	1000	2900	1 500	11	240	1,3	185	HPa 15×20
КГТ220-2000	220	2000	2600	5 000	12	500	1,5	426	HPa 15×20
КГТО220-2500	220	2500	2650	2 000	12	500/140**	1,6	500	HPc 15×65
КГТО220-2500-1	220	2500	2650	2 000	12	470/125**	1,6	480	HPc 15×65
КГТО220-2500-3	220	2500	2650	2 000	12	440/110**	1,6	435	HPc 15×65
КГТ380-3300	380	3300	2600	5 000	12	750	1,5	673	HPa 15×20
КГТО380-3550	380	3550	2550	2 000	12	750/140**	1,4	770	HPc 15×65

* Все цоколи плоские металлические, кроме цоколей для ламп КГТ127-600 (цилиндрический металлический) и КГТД220-400-1 (по СТ СЭВ 783-77).

** Числитель — общая длина лампы, знаменатель — длина отогнутых концов.

Таблица 4.13. **Баланс энергии ЛН**

Составляющие баланса, %	Вакуумная ЛН	Моноспиральная аргоновая ЛН	Биспиральная аргоновая ЛН	Криптоновая и ксеноновая ЛН
Видимое излучение	7	10	12	13
Невидимое излучение	91	68	74	76
Потери на нагрев держателей и электродов	2	3	2	2
Потери в газе	0	19	12	9
Общая рассеянная энергия	100	100	100	100

Кроме перечисленных выпускается значительное количество других типов ЛН, которые можно отнести к тем или другим группам: декоративные (Д) в свечеобразных и фигурных колбах разных цветов; для швейных машин (ПШ) и бытовых холодильников; медицинские синие (МДС) для физиотерапевтических целей; более 50 типов ламп разного назначения (РН); для елочных электрогирлянд и др.

Лампы всех групп и типов должны удовлетворять требованиям ГОСТ 19190-73 «Лампы накаливания электрические. Общие технические условия».

При эксплуатации ЛН должно соблюдаться следующее:

использование ламп в соответствии с назначением, т. е. в тех СП, для которых они предназначены; поэтому на каждом светильнике или в паспорте на него указываются максимальио допустимая мощность лампы, ее тип и другие данные;

обеспечение полного соответствия напряжения, указанного на лампе, напряжению сети;

соответствие климатических факторов предусмотренным ТУ на лампы, например ЛН нормального исполнения рассчитаны для работы при относительной влажности не более 98 % в интервале от —60 до +50 °С и при внешнем давлении 680—1010 гПа (550—760 мм рт. ст.). Для многих специальных ламп эти интервалы значительно шире;

обращение с лампами как с хрупкими электро- и пожароопасными изделиями;

соблюдение рекомендованного рабочего положения лампы в пространстве.

При эксплуатации следует учитывать, что лампа имеет высокую температуру на цоколе и в некоторых зонах поверхности колбы (рис. 4.21), температурное поле колб заметно зависит от рода и давления наполняющего лампу газа (рис. 4.22), формы колбы (рис. 4.23) и времени горения лампы.

Резервы совершенствования ЛН далеко не исчерпаны [4.11, 4.12], о чем свидетельствует прежде всего значительный разрыв между теоретически возможной световой отдачей вольфрама и фактической световой отдачей ЛН. Недостаточная эффективность преобразования электрической энергии в свет в ЛН видна из табл. 4.13 [4.1], показывающей сравнительный баланс энергии ЛН различной конструкции с различными наполнениями.

Для повышения качества ЛН необходимо увеличение критических потерь массы тела накала (в современных ЛН они весьма малы; у аргоновых моноспиральных ЛН 8—12 %, у биспиральных 4—8 %); сокращение дисперсии ЛН по сроку службы; сокращение разрыва между технически возможным и имеющимся уровнями электролампового производства; повышение качества электрической энергии в осветительных сетях (стабильность напряжения). Для реализации указанных резервов необходимо сосредоточить внимание на следующих конкретных направлениях работ: улучшение условий функционирования вольфрамового тела накала в ЛН; создание новых, оптимальных для ЛН марок и режимов производства вольфрама; разработка и совершеиствование методов и приборов контроля проволок; повышение технического и организационного уровня производства ЛН; повышение вибрационной и ударной прочности ЛН; поиск новых материалов для тела накала, обеспечнвающих существенное повыше-

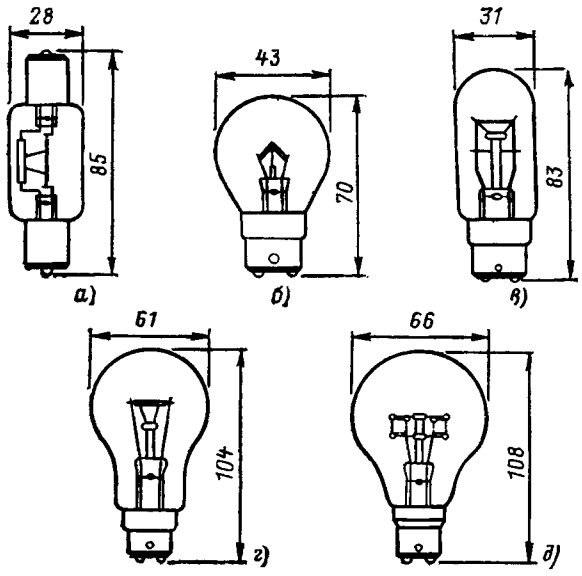


Рис. 4.14. Лампы накаливания железнодорожные.

а — ЖТ54-15; *б* — Ж24-25; *в* — Ж54-10; *г* — Ж54-25; *д* — ЖГ120-60.

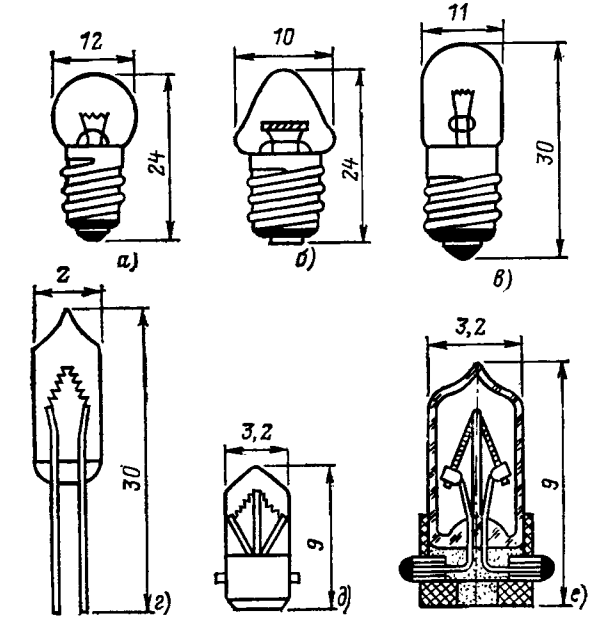


Рис. 4.15. Миниатюрные и сверхминиатюрные лампы.

а — МН3,5-0,26 (*U*=3,5 В; *I*=0,2 А); *б* — МНЛ2,5-0,25 (линзовая); *в* — МН12-0,15; *г* — СМН1,2-25 (*U*=1,2 В; *I*=25 мА; Ф=0,05 лм); *д* — СМН6-90-1 (Ф=1 лм); *е* — СМН10-55-2 (Ф=1 лм).

ние световой отдачи за счет селективности излучения или более высокой рабочей температуры; разработка ЛН с улучшенным характером распределения излучения по спектру, в том числе за счет интерференционных пленок на колбе; повышение световой отдачи за счет возврата ИК излучения обратно на тело накала.

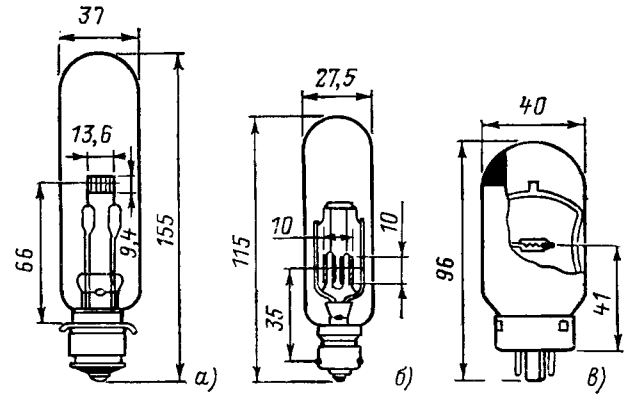


Рис. 4.16. Кинопроекционные лампы.

а — К40-750 (*U*=40 В; *P*=750 Вт; Ф=21 800 лм; τ=30 ч); *б* — К127-300-2 (Ф=6700 лм; τ=30 ч); *в* — К21-150 (световой поток на экране Ф=600 лм; τ=10 ч).

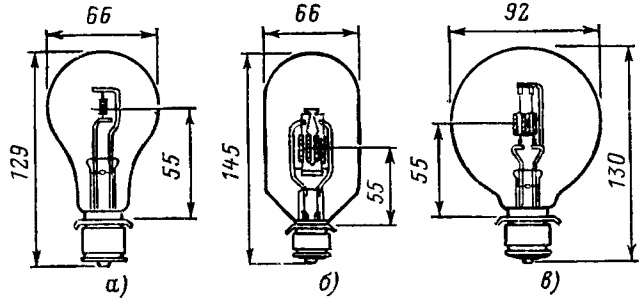


Рис. 4.17. Прожекторные и кинопрожекторные лампы.

а — ПЖ12-28 (*U*=12 В; *P*=250 Вт; Ф=6625 лм); *б* — ПЖ110-500-2 (*U*=110 В; *P*=500 Вт; Ф=10 500 лм); *в* — КПЖ-2 (*U*=110 В; *P*=500 Вт; Ф=14 000 лм).

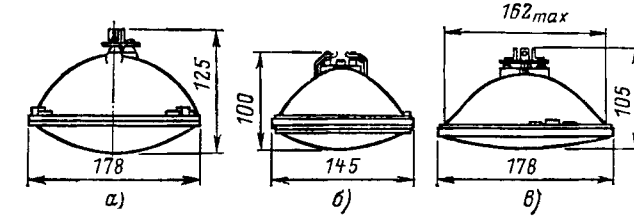


Рис. 4.18. Лампы-фары.

а — АФ-1 (*U*=6 В; *P*=50 Вт; I_v=22 000 кд); *б* — СМФ-1 (*U*=26 В; *I*=5,3 А; I_v=45 000 кд); *в* — ИФК-3 (*U*=9 В; *P*=75 Вт; I_v=30 000 кд).

Заслуживают внимания расширение номенклатуры ламп-светильников, создание новых материалов для оболочек — стекла, легированного кварца, прозрачной керамики, жаропрочных и механически прочных пленок, пластмасс для цоколей, изоляторов и, возможно, колб.

Необходимы детальные исследования возвратных (регенеративных) циклов галогенных ламп, а также работы по оптимизации параметров ЛН на основе технико-экономического анализа как исходного пункта всякой работы по созданию и совершенствованию ламп [29, 4.12].

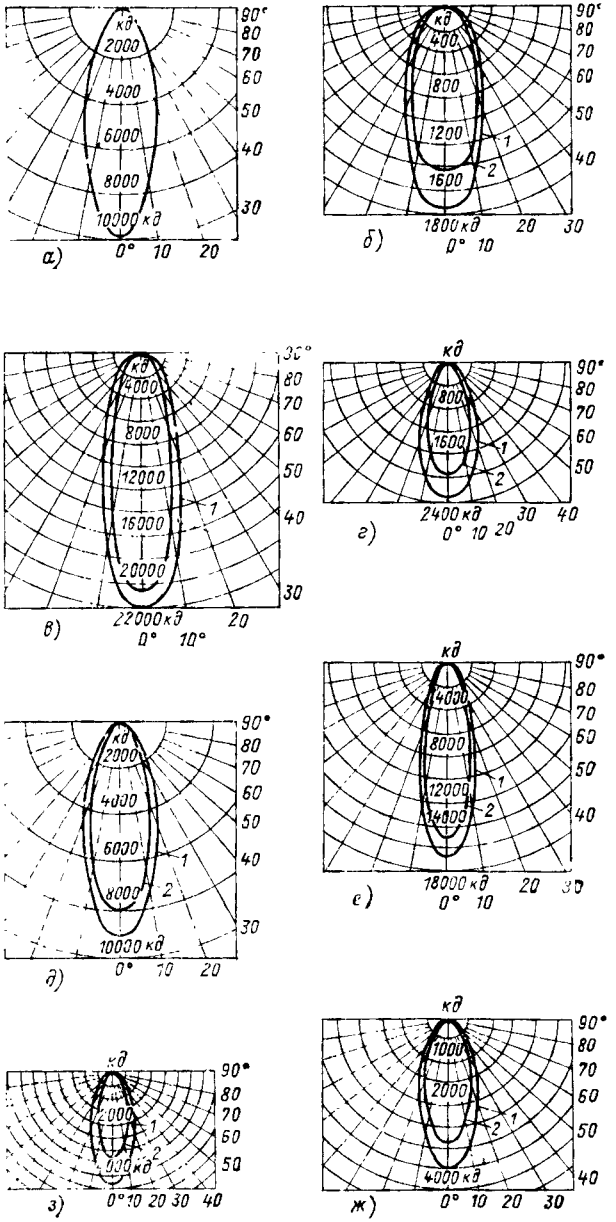


Рис 4.19 Продольные кривые силы света отдельных типов зеркальных ламп.

а — ЗК27-300, *б* — ЗК127-150 — *1*; ЗК220-150 — *2*; *в* — ЗК127-1000 — *1*; ЗК220-1000 — *2*; *г* — ЗК127-200 — *1*; ЗК220-200 — *2*; *д* — ЗК127-500 — *1*; ЗК220-500 — *2*; *е* — ЗК127-750 — *1*; ЗК220-750 — *2*; *ж* — ЗК127-300 — *1*; ЗК220-300 — *2*; *з* — ЗК127-500-1, ЗК220-500-1 — *1*; ЗК127-300-2, ЗК127-300-1, ЗК220-300-1 — *2*.

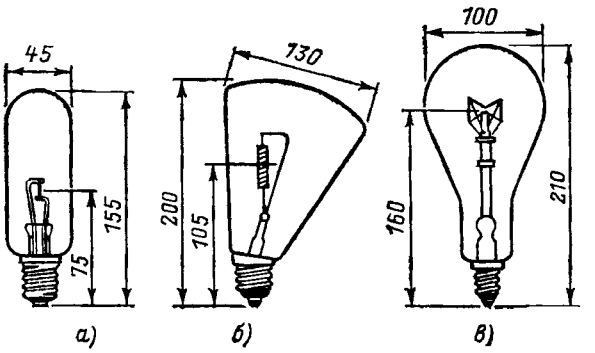


Рис. 4.20. Светоизмерительные лампы [29].

а — СИ6-100 (U=6 В; P — 100 Вт; $T_ц$ =2840 К); *б* — СИС107-100 (сила света I_v =100 кд); *в* — СИП107-1500 (Φ = 1500 лм).

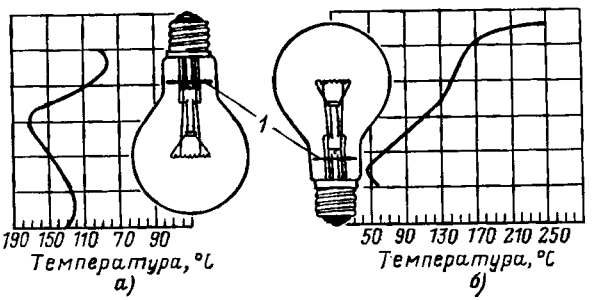


Рис. 4.21. Распределение температуры по колбе лампы накаливания мощностью 1000 Вт при положении лампы цоколем вверх (*а*) и цоколем вниз (*б*) [35].

1 — слюдяной тепловой экран.

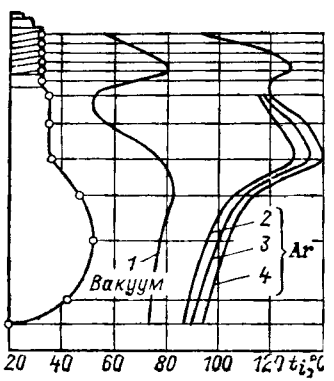


Рис. 4.22. Температура колбы и цоколя вакуумного и газополного вариантов лампы 100 Вт, 220 В (при одинаковой температуре тела накала).

1 — вакуум; *2*, *3* и *4* — технический аргон при 500 640 и 800 гПа (380, 480 и 600 мм рт. ст.) соответственно.

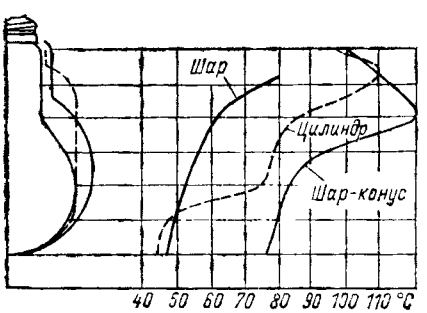


Рис. 4.23. Влияние формы колбы на распределение температуры по ее поверхности (при одинаковой температуре тела накала).

4.2.3. ГАЛОГЕННЫЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Принцип действия ГЛН заключается в образовании на стенке колбы летучих соединений — галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама.

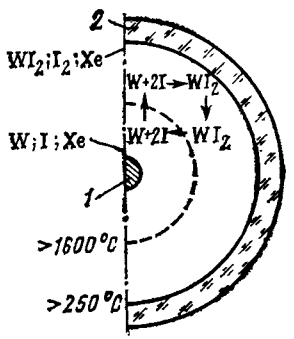


Рис. 4.24. Упрощенная схема действия йодно-вольфрамового возвратного цикла [29].

1 — тело накала; *2* — стенка колбы.

Галогенные ЛН по сравнению с обычными лампами имеют более стабильный по времени световой поток и, следовательно, повышенный полезный срок службы, а также значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность благодаря применению кварцевой колбы. Малые размеры и прочная оболочка позволяют наполнять лампы до высоких давлений дорогостоящим ксеноном и получать на этой основе более высокую яркость и повышенную световую отдачу (либо увеличенный физический срок службы).

Галогенная добавка в ЛН с вольфрамовым телом накала вызывает замкнутый химический цикл. Пример такого цикла показан схематично на рис. 4.24 на примере нода. При 300—1200 °С пары иода соединяются на стенке колбы с частицами вольфрама, образуя иодистый вольфрам WI_2, который испаряется при температуре выше 250—300 °С. Вблизи тела накала при 1400—1600 °С, молекулы WI_2 распадаются и атомы вольфрама оседают на теле накала и других деталях, имеющих температуру выше 1600 °С. Освободившиеся атомы иода диффундируют в объеме лампы и соединяются на стенках колбы с вольфрамом, вновь образуя WI_2 [29]. Для иодно-вольфрамового цикла требуются следующие условия: 1) температура внутренней стенки колбы повсюду должна быть не ниже 250 и не выше 1200 °С; наиболее предпочтительна температура 500—600 °С, поэтому колбу изготавливают из кварца и придают ей необходимую форму для обеспечения лучшей равномерности температуры; 2) минимальная температура тела накала должна быть выше 1600 °С; 3) иод не должен образовывать на стенке лампы какие-либо другие химические соединения, кроме WI_2, поэтому в галогенной лампе недопустимо применение никеля и молибдена, алюминиевого, циркониевого и фосфорного газопоглотителей, с которыми иод активно взаимодействует; 4) количество иода дозировано; излишек иода для компенсации потерь не допускается, так как пары иода заметно поглощают видимое излучение, особенно в области 500—520 нм [29].

Иодно-вольфрамовый цикл препятствует осаждению вольфрама на колбе, но не обеспечивает возвращения его частиц в дефектные участки тела накала. Поэтому механизм перегорания тела накала в иодных лампах остается таким же, как и в обычных ЛН.

Применение иода в ГЛН выявило некоторые его недостатки: агрессивность по отношению к металлическим деталям, трудность дозировки, некоторое поглощение излучения в желто-зеленой области. Другие галогены (бром, хлор, фтор), будучи более агрессивными, в чистом виде не могли его заменить. В настоящее время в подавляющем большинстве ГЛН применяют химические соединения галогенов CH_3Br (бромистый метил) и CH_2Br_2 (бромистый метилен). Чистый бром выделяется в зонах с температурой выше 1500 °С. Для ГЛН с большим сроком службы применяют CH_3Br, полагая, что таким путем вводится некоторый избыток водорода, компенсирующий его утечку через горячую кварцевую колбу. Продолжается работа над подбором новых летучих химических соединений галогенов.

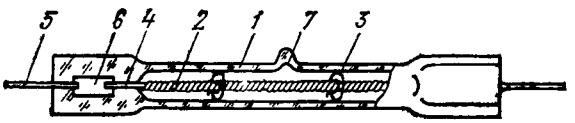


Рис. 4.25. Трубчатая лампа накаливания с йодно-вольфрамовым циклом.

Исследования показывают, что механизм возвратного цикла значительно сложнее, чем представлялось на ранней стадии работы над ГЛН. Установлено, что иодно-вольфрамовый цикл не происходит в лампе, абсолютно свободной от кислорода. Однако введение в ГЛН кислорода, как и в обычных лампах, способствует появлению известного, весьма вредного для ламп «водяного цикла». Длинные линейные ГЛН имеют недостатки: их невозможно долго эксплуатировать в наклонном или вертикальном положении, так как при этом галогенные добавки и инертный газ в основном из-за разности их молекулярных масс разделяются друг от друга и регенеративный цикл прекращается. Из-за высокой стоимости кварца и недостаточной технологичности ГЛН они пока еще дороги.

Устройство ГЛН показано на рис. 4.25. Колба лампы — длинная узкая кварцевая трубка *1;* тело накала — прямолинейная вольфрамовая спираль *2*, закрепленная на вольфрамовых держателях *3* по оси колбы. Расположенные по обоим концам трубки вольфрамовые вводы *4* соединены с выводами *5* впаянной в кварц молибденовой фольгой *6*. Место отпая штенгеля *7* расположено на боковой стенке колбы. Диаметр трубки-колбы и расположение тела накала в ней выбираются так, чтобы при горении ГЛН температура стенки была равна 500—600 °С, не менее 250 и не более 1000 °С.

Тело накала ГЛН изготавливается из специальных марок вольфрамовой проволоки, преимущественно в виде спирали, которой в лампе с помощью электродов и держателей придается необходимая форма.

Основные типы ГЛН. Галогенные лампы применяются для светильников общего освещения и прожекторов; инфракрасного облучения; кинофотосъемочного и телевизионного освещения; автомобильных фар; аэродромных огней; оптических приборов; специальных применений. По конструктивным признакам ГЛН делятся на две группы: с длинным спиральным телом

Таблица 4.14. **Основные параметры отдельных групп ГЛН**

Тип лампы	Номинальные значения Ф, клм	τ, ч	$d_к$, мм	l, мм	Размеры тела накала, мм	Цоколь
Линейные ГЛН						
Для общего освещения:						
КГ220-1000-5	22	2000	10,7	189	сп.—1,3×116	R7s или плоский металлический
КГ220-1500	33	2000	10,7	254	сп.—1,3×186	R7s или плоский металлический
КГ220-2000-4	44	2000	10,7	335	сп.—1,3×260	R7s или плоский металлический
КГ220-5000-1	110	3000	20,0	520	сп.—3,0×275	K27s/96
КГ220-10000-1	220	3000	26,0	675	сп —4,3×375	K27s/96
КГ220-20000-1	440	2000	36,0	890	сп.—6,6×570	K27s/96
Для студийного освещения:						
КГ220-500	13,5	150	11,0	132	сп.—0,83×77	Плоский металлический
КГ220-1000-4	26	420	11,0	180	сп.—1,16×110	R7s
КГ220-2000-3	54	450	11,0	235	сп.—1,6×160	R7s
КГ220-5000	125	2000	20,0	520	сп.—2,83×237	K27s/96
КГ220-10000	250	2000	27,0	675	сп.—4,16×320	K27s/96
* Выпускаются также лампы на напряжение 110 В, мощностью 500, 1000, 2000 и 5000 Вт.						
Для термокопировальных и электрографических аппаратов:						
КГ220-400	6,4	500	8,0	280	сп.—0,63×224	R7s
КГТ220-1300-1	—	3000	11,0	308	сп.—1,3×240	Плоский металлический
КГТ220-1800	—	2000	10,7	400	сп.—1,28×350	K7s/12
КГД220-1200	27,6	200	8,5	354	сп.—1,2×309	R7s
Для лучистого нагрева см. табл. 4.12						
Малогабаритные ГЛН на низкое напряжение (различного назначения, автомобильные — А, самолетные — СМ, для аэродромного освещения)						
КГМ30-300	8,9	20	14,0	65	бсп.—5×9	Плоский металлический
КГМ27-400	10,8	250	26,0	85	бсп.—5,7×9,5	—
КГМ6-25+25	0,35	2×200	10,7	36	две сп.—1×2,7	—
АКГ12-55-1	1,33	300	11,5	42	сп.—1,5×6,5	H_3
АКГ24-70-1	1,63	300	11,5	42	бсп.—2×6	H_3
КГСМ27-40	0,88	500	9,0	40	бсп—1,4×4	Специальный керамнческнй
КГСМ27-85	1,87	500	12,0	51	сп.—2,1×58	То же
КГСМ27-150	3,3	500	12,0	51	сп.—2,5×8	» »
КГСМ27-200	4,4	300	18,0	100	сп.—2,8×7	1ФС-34-1
КГМ6,6-45-1	0,77	750	14,5	70	сп.—1,9×2,2	GY9,5
КГМ6,6-65-1	1,56	300	14 5	70	бсп. 2,5×3,6	GY9.5
КГМ6,6-100-1	2,0	700	10,7	64	бсп.—3,2×5,1	GY9.5
КГМ6,6-200-1	4,4	500	14,0	64	бсп.—4×6,3	GY9.5
Галогенные лампы для оптических систем						
Для проекционных и оптических приборов:						
КГМ12-100	3,0	100	11,0	45	пл. сп—4×2,3	—
КГМ24-150	4,65	50	12,5	45	пл. сп.—5,8×2,9	—
КГМ24 250	8,5	50	15,5	55	пл. сп.—3,5×7	G6 35
КГМ127-500	12	50	22,0	85	м.—пл.—11,5×11,5	—
КГМ220-500	12	50	22,0	85	м.—пл.—11,5×11,5	—
КГМ127-750	18,8	50	25,0	91	м.—пл.—13×14,5	—
КГМ220-750	18	50	25,0	90	м.—пл.—14×13	—
Лампы с концентрированным телом накала для кинопроекторов:						
КГК110 2000	55	200	46,0	220	м.—пл.—23×18	G38
КГК110-5000	56	300	65,0	275	м.—пл.—34×29	G38
КГК110-10000	270	400	80,0	410	м.—пл.—48×41	G38
КГК 220 2000	58	170	46,0	220	м.—пл.—24×19	G38
КГК220 3000	84	220	56,0	265	м.—пл.—33×21	G38
КГК220-5000	140	250	65,0	275	м.—пл.—39×29	G38
КГК220 10000	280	270	80,0	400	м.—пл.—50×39	G38

Примечания: 1. Сокращения в таблице расшифровываются следующим образом: «сп» — спираль; «бсп» — биспираль; «пл. сп.» — плоская спираль; «м.—пл.» — моноплан.

2 Линейные ГЛН имеют трубчатую (софитную) форму, электроды в них размещаются с обоих концов. В малогабаритных ГЛН и ГЛН для оптических систем (кроме софитной лампы КГМ30-300) электроды размещены в одном конце лампы.

3 Номинальное напряжение, В, и мощность, Вт, содержатся в обозначении типа, кроме лампы КГМ6,6, где цифры 6,6 означают номинальный ток.

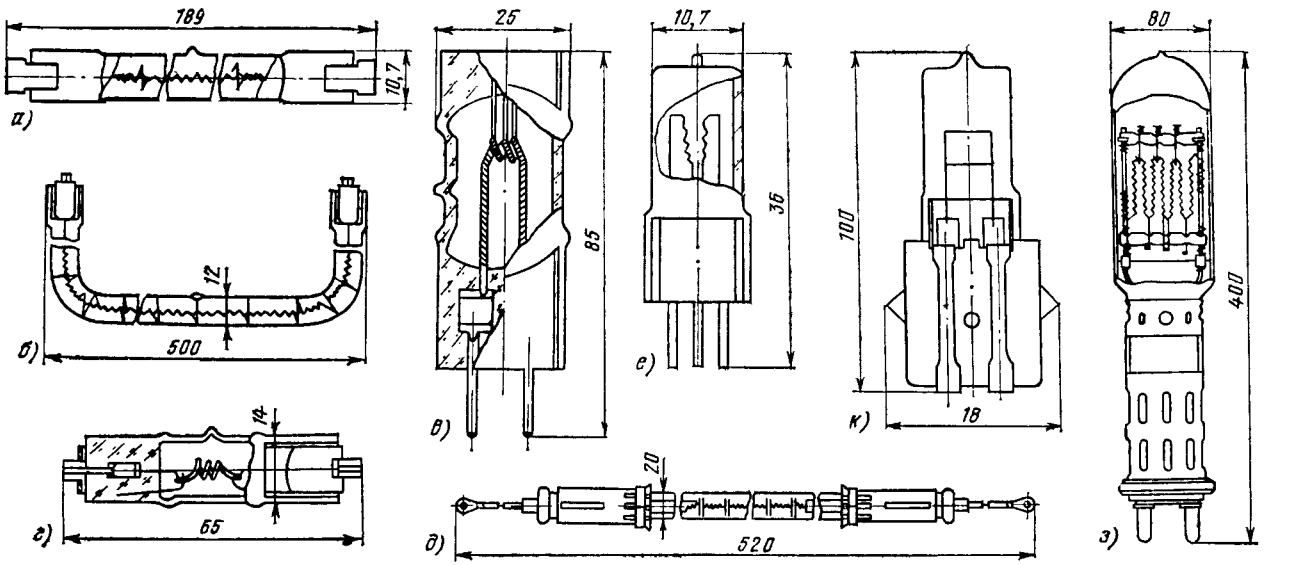


Рис. 4.26. Разные группы ГЛН (масштабы разные).
а — КГ220-1000-5; *б* — КГТО220-2500; *в* — КГМ27-400; *г* — КГМ30-300; *д* — КГ220-5000; *е* — КГМ6-25+25; *ж* — КГСМ27-200; *з* — КГК220-10000.

накала при соотношении длины ГЛН к диаметру более 10 — линейные или трубчатые лампы; с компактным телом накала при отношении длины ГЛН к диаметру менее 8 — эти ГЛН подразделяются в свою очередь на мощные и малогабаритные, в которых электроды размещены обычно с одной стороны.

В СССР приняты следующие обозначения: ГЛН: первая буква — материал колбы (К—кварцевая); вторая буква — вид галогенной добавки (И—иод, Г—галоген); третья буква — область применения (О — облучательная) или конструктивная особенность (М — малогабаритная); первая группа цифр — напряжение, В; вторая группа цифр — мощность, Вт; сила света, кд; ток, А, или световой поток, лм, в зависимости от принятой маркировки для ламп соответствующего типа; последняя цифра — порядковый номер разработки после первой.

В табл. 4.14 приведены в качестве примера параметры, а на рис. 4.26 — конструкции разных групп ГЛН. Номенклатура их в СССР в настоящее время превышает 150 наименований.

Лампы для светильников общего освещения и прожекторов выпускаются преимущественно на 220 В мощностью от 1 до 20 кВт; световая отдача 22—26 лм/Вт; срок службы 2000 ч; лампы трубчатые; положение горения горизонтальное.

Лампы для инфракрасного облучения (см. табл. 4.12) выпускаются на напряжения 127, 220 и 380 В мощностью от 0,5 до 5 кВт; срок службы повышенный (2500—5000 ч), так как тела накала этих ламп работают при низких температурах 2400—2700 К; лампы трубчатые; положение горения горизонтальное.

Малогабаритные лампы разного назначения выпускаются на напряжения до 30 В (преимущественно 6, 12, 24 В) мощностью 15—650 Вт; лампы имеют компактную форму тела накала. Поскольку от большинства этих ламп требуется высокая яркость, они выпускаются с температурой тела накала 3000—3200 К и имеют срок службы несколько десятков или сотен часов; положение горения любое.

4.3. ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ

4.3.1. ОБЩИЕ СВОЙСТВА ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Газоразрядной лампой (ГЛ) называют лампу, в которой оптическое излучение возникает в результате электрического разряда в газах, парах или их смесях [28, 4.1].

Особенности ГЛ и области применения определяются тем, что ГЛ имеют самую высокую световую отдачу и большой срок службы по сравнению с ЛН, а также могут иметь разнообразные спектры излучения и широкий диапазон значений мощности, яркости и других параметров. Поэтому современные ГЛ все шире применяются для освещения, постепенно оттесняя ЛН. Уже сегодня в передовых странах мира ГЛ создают более половины светового потока и, по-видимому, в будущем эта доля возрастет.

Давно было известно, что РЛВД и НЛНД обладают высокой световой отдачей. Однако попытки применения их для освещения не имели успеха из-за сильного искажения цветопередачи, особенно цвета человеческой кожи. Впервые этот недостаток удалось преодолеть в ртутных ЛЛ низкого давления. Их появление в 1938 г. ознаменовало собой новый этап в развитии газоразрядных ИС. Впервые были созданы ГЛ, дающие излучение с непрерывным спектром практически любого состава и обладающие при этом световой отдачей и сроком службы, в несколько раз превышающими световую отдачу и срок службы ЛН. Световая отдача современных ЛЛ достигает 85—90 лм/Вт, а срок службы 15 тыс. ч. В настоящее время ЛЛ — наиболее массовый разрядный ИС, применяемый для освещения. Их мировой выпуск достигает почти 1 млрд. ЛЛ в год. Возникли, по существу, новые отрасли промышленности, связанные с производством ЛЛ и светотехнического оборудования для их применения.

В начале 50-х годов появились ртутные лампы высокого давления (РЛВД) с исправленной цветностью типа ДРЛ (см. п. 4.3.3). Эти лампы, обладающие вы-

сокой световой отдачей 45—60 лм/Вт и сроком службы 10—15 тыс. ч, получили в настоящее время весьма широкое применение для наружиого и промышлениого освещения. Их мировой выпуск достигает многих десятков миллионов ламп в год и продолжает расти.

В 60-х годах были открыты иовые, исключительно плодотворные направления в создании ГЛ высокой интенсивиости с самым различиым спектром излучения и более высоким КПД, чем у существовавших до этого. Впервые для ГЛ высокой интенсивности удалось получить световую отдачу свыше 100 лм/Вт. Уже разработано и выпускается большое число типов новых ГЛ, которые по многим параметрам значительно превосходят ГЛ типа ДРЛ и постепеино занимают видное место в семье разрядных ИС. Это натриевые лампы высокого давления (НЛВД) в колбах из поли- или монокристаллической окиси алюминия, широко применяемые для наружиого освещения, и различные типы так называемых металлогалогенных ламп (МГЛ).

Разрядные лампы находят многочисленное и весьма важное применение во многих отраслях народного хозяйства, в медицине, новейшей технике и др., что объясняется особенностями электрического разряда, которые позволяют создавать источники излучения с весьма разнообразным сочетанием параметров.

Подбирая соответствующие наполнение и условия разряда, удается создавать высокоэффективные источники излучения практически в любой части не только видимого, но также УФ и ИК спектров. При этом можно получать спектры излучения, состоящие из одиночных линий, многолинейчатые и непрерывные. Это достоинство ГЛ открыло им исключительно широкие возможности применения не только для освещения, но также для многочисленных специальных целей [см. разд. 17].

Разряды высокого и особенно сверхвысокого давления имеют высокую яркость, в десятки и сотни раз превосходящую яркость ЛН. Поэтому ГЛ с успехом применяются в светооптических приборах и устаиовках. Малая инерционность излучения ГЛ позволяет применять их там, где требуется модуляция излучения, например в бильдтелеграфии, звукозаписи, оптической телефонии и других случаях. Широкое и весьма разнообразное применение находят импульсные лампы (ИЛ), дающие вспышки излучения исключительно высокой яркости и очень малой длительности. Они применяются в многочисленных приборах и установках для наблюдения и изучения быстродвижущихся частей машин и механизмов (стробоскопы), фотографирования и изучения быстропротекающих процессов, аэрофотосъемки, оптической дальномерии и т. д. В последнее время ИЛ широко применяются для оптической накачки лазеров.

Недостатком ГЛ является некоторая сложность их включения в сеть, связаниая с особенностями разряда. Для его зажигания требуется более высокое напряжение, чем для устойчивого горения. Для обеспечения устойчивого горения в цепь каждой лампы включается балласт, ограничивающий ток разряда требуемыми пределами. Другой недостаток ГЛ с парами обусловлен зависимостью характеристик от их теплового режима, поскольку температура определяет давление паров рабочего вещества лампы. Номиналыный режим устанавливается только спустя некоторое время после включения. Повторное зажигание ламп с разрядом в парах металла при высоком и сверхвысоком давлении без специальных приемов возможно только по истечении некоторого времени после выключения.

Принцип действия ГЛ основаи на электрическом разряде между двумя электродами, запаянными в прозрачную для оптического излучения колбу той или иной формы. Иногда для облегчения зажигаиия впаивают дополнительные электроды. Внутреннее пространство колбы после удаления воздуха и тщательного обезгаживания лампы (удалеиие сорбированиых в материале колбы и электродах паров воды и других газов при помощи нагрева под откачкой) наполняется определенным газом (чаще всего инертным) до заданного давлеиия или инертным газом и иебольшим количеством металла с высокой упругостью паров, иапример ртутью, натрием и др. Начиная с середины 60-х годов широкое распространение получили ГЛ, в которые кроме инертного газа и ртути вводят галогеииды различиых металлов.

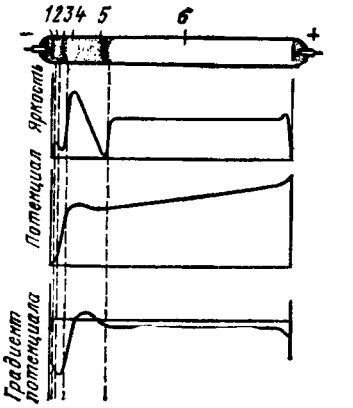


Рис. 4.27. Схематическое распределеиие яркости свечения, потеициала и напряженности электрического поля в тлеющем разряде иа постоянном токе.

1 — астоново темное пространство; *2* — катодиое свечение; *3* — первое темное пространство; 4 — отрицательное тлеющее свечение; *5* — фарадеево темное пространство; *6* — столб разряда.

Существует категория ГЛ с электродами, работающими в открытой атмосфере, с разрядом в воздухе и в парах вещества электродов. Это—угольные дуги, в них во время работы расходуется материал электродов. В специальиых типах ламп используется разряд в проточном газе. Существуют также ГЛ с высокочастотным безэлектродным разрядом. Они представляют собой запаяниую колбу без электродов, содержащую необходимые газы или пары.

Вид разряда в ГЛ может быть дуговой, тлеющий и импульсный. В ГЛ стационарного действия используются дуговой и тлеющий вид разряда. В источниках импульсного действия (ИЛ) — импульсный разряд. Вид разряда определяется параметрами элементов виешией цепи (питающим иапряжением и балластным сопротивлеиием), типом катода и давлением газа или пара, наполняющего лампу.

Тлеющий разряд характеризуется малой плотиостью тока на катоде от 10^{-5} до 10^{-2} А/см^2 и низким давлением газа или пара, ие превышающим нескольких тысяч паскалей (десятки мм рт. ст.). Его отличительной особенностью является большое падение иапряжения у катода, составляющее 50—400 В. Свечение тлеющего разряда в цилиндрической трубке иа постоянном токе распадается иа ряд областей, схематически представленных на рис. 4.27. Области свечеиия *1—5*, примыкающие к катоду, называются катодными частями разряда. Остальную часть пространства почти до самого анода заполняет свечение столба *6*.

Дуговой разряд отличается от тлеющего высокой плотностью тока на катоде 10^2—10^4 А/см^2 и малым катодным падеиием потенциала, около 5—15 В. Давление рабочего вещества—от 10^{-1} до 10^8 Па и тока — от десятых долей до сотен ампер. В разряде выделяются приэлектродные области и столб, отличающиеся друг от друга физическими процессами. Столб дугового разряда иизкого давления подобен столбу тлеющего разряда при одинаковых значениях давлеиия, диаметра трубки и тока. Столб дуги высокого и сверхвысоко-

го давления имеет ряд характерных особенностей, кратко рассмотренных в п. 4.3.3.

В ГЛ стационарного действия наиболее широко используется дуговой разряд, обеспечивающий возможность создания ламп с весьма разнообразными характеристиками и высокой эффективностью при сравнительно низких рабочих напряжениях. В подавляющем большинстве ГЛ используется излучение столба, обладающее значительно более высоким КПД по сравнению с излучением приэлектродных частей, при этом размеры и характеристики светящейся области могут изменяться в широких пределах. Излучение приэлектродных областей, например тлеющее свечение используется только в специальных типах ламп (см. пп. 4.3.2, 4.3.8).

Классификация ГЛ возможна по физическим, конструктивным признакам, эксплуатационным свойствам и областям применения. Здесь предлагается классификация по физическим признакам, которые определяют важнейшие свойства ГЛ, такие, как спектр и цветность излучения, яркость, градиент потенциала, энергетический КПД. Для них определяющими факторами являются состав газовой среды (рабочее вещество), парциальные давления компонентов газовой смеси и ток. Вместе с видом разряда, используемой областью свечения и размерами газового промежутка они определяют мощность и напряжение, габариты и конструкции ГЛ и ее узлов, их тепловой режим, выбор материалов и связанные с этим особенности эксплуатации и области применения.

По составу газов или паров, в которых происходит разряд, ГЛ делятся на лампы с разрядом: 1) в газах; 2) в парах металлов и 3) в парах металлов и их соединений.

По рабочему давлению ГЛ делятся на: 1) лампы низкого давления (ГЛНД), примерно от 0,1 до 10^4 Па; 2) высокого давления (ГЛВД), от $3 \cdot 10^4$ до 10^6 Па и 3) сверхвысокого давления (ЛСВД), больше 10^6 Па.

По виду разряда — на лампы: 1) дугового, 2) тлеющего и 3) импульсного разрядов.

По области свечения — на лампы: 1) со столбом и 2) тлеющего свечения.

В зависимости от того, что является основным источником излучения, ГЛ делят на: 1) газо- или паросветные, в которых излучение вызвано возбуждением атомов, молекул или рекомбинацией ионов, 2) фотолюминесцентные (называемые для краткости просто люминесцентные), в которых излучение создают люминофоры, возбуждаемые излучением разряда, и 3) электродосветные, в которых излучение создается электродами, раскаленными в разряде до высокой температуры. У большинства ГЛ 2-го и 3-го типов к основному виду излучения примешивается излучение разряда, таким образом, они являются по существу источниками смешанного излучения.

По форме колбы ГЛ со столбом подразделяются на: 1) трубчатые или линейные ГЛ в цилиндрических колбах, у которых расстояние между электродами в два раза и более превышает внутренний диаметр трубки; 2) капиллярные — в трубках с внутренним диаметром меньше 4 мм; 3) шаровые ГЛ с расстоянием между электродами, меньшим или равным внутреннему диаметру колбы (колбы ГЛ имеют часто форму шара или близкую к ней, откуда они и получили свое название); их называют также ГЛ с короткой или средней длиной дуги.

По способу охлаждения ГЛ подразделяют на ГЛ с естественным и с принудительным (воздушным или водяным) охлаждением.

В ГЛ многих типов разрядную колбу, часто называемую горелкой, помещают во внешнюю колбу, которая выполняет ряд функций: 1) защищает горелку от повреждения, 2) уменьшает влияние окружающей среды на тепловой режим горелки, 3) предохраняет нагретые выводы и монтаж от окисления, 4) служит поверхностью для нанесения различного рода покрытий и т. д.

Зажигание разряда возможно лишь при напряжении выше определенного значения, когда становится возможным лавинное образование зарядов в газовом межэлектродном промежутке. Это приводит к резкому, практически внезапному (10^{-5}—10^{-7} с) возрастанию тока и появлению свечения. Этот процесс называется зажиганием самостоятельного разряда, а соответствующее ему напряжение — напряжением зажигания [28]. При меньшем напряжении межэлектродный промежуток является диэлектриком.

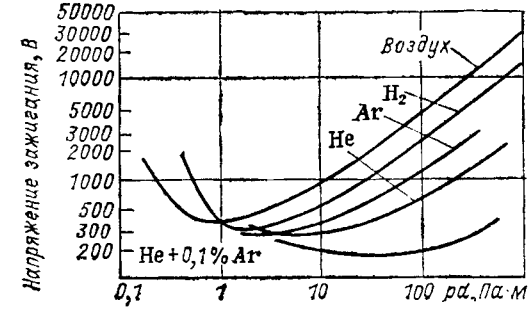


Рис. 4.28. Зависимость напряжения зажигания $U_з$ от $p \times l_{эл}$ для некоторых газов (плоские электроды).

Напряжение зажигания самостоятельного разряда $U_з$ определяет нижнюю границу напряжения, которое необходимо приложить к ГЛ для возникновения самостоятельного разряда. Напряжение, необходимое для стабилизации разряда после его возникновения, как правило, ниже $U_з$.

Напряжение зажигания зависит от рода газа, наполняющего колбу, его давления p, расстояния между электродами $d_{эл}$ материала и свойств катода, а также от ряда других причин. Значительное влияние на $U_з$ оказывают небольшие, а иногда ничтожные примеси к основному газу. При этом некоторые примеси вызывают резкое снижение $U_з$ (эффект Пеннинга), а другие (обычно молекулярные) — существенное повышение. Обычно $U_з$ имеет минимум при определенном значении $(p \times d_{эл})_{min}$, различном для различных газов (рис. 4.28). При высоких давлениях и больших расстояниях между электродами $U_з$ может достигать многих киловольт.

Методы, применяемые при зажигании ГЛ, предусматривают снижение напряжения зажигания за счет конструкции лампы или создание различных схем, обеспечивающих подачу на ГЛ повышенного напряжения, достаточного для зажигания разряда. Снижение напряжения зажигания достигается: 1) введением в ГЛ вспомогательного зажигающего электрода и подбором рода и давления наполняющего газа; 2) активировкой катодов, снижающей работу выхода электронов; 3) предварительным накалом катодов, обеспечивающим термоэлектронную эмиссию электронов; 4) созданием начальной ионизации в объеме газа, например, при помощи высокочастотной искры от индуктора или при помощи радиоактивных препаратов; 5) применением проводящих полос на поверхности лампы, изменяющих распределение электрического поля, и т. п.

Схемы зажигания различных ГЛ рассмотрены в соответствующих параграфах разд. 6.

Стабилизация разряда необходима потому, что подавляющее большинство ГЛ работает на падающих (или горизонтальных) участках вольт-амперной характеристики, на которой с ростом тока напряжение на ГЛ падает. Поэтому устойчивая работа ГЛ возможна только при наличии в схеме устройств, ограничивающих силу тока в заданных пределах (см. разд. 6).

Столб ГЛ внешне представляет собой область разряда, заполненную однородным по длине свечением. Столб характеризуется постоянным значением продольного градиента потенциала E. Длину столба $l_{ст}$ можно менять в широких пределах, изменяя расстояние между электродами и необходимое для поддержания разряда напряжение на лампе.

При низком давлении газа (или пара) (до нескольких сот паскалей) и малой плотности тока (до 1 А/см^2) свечение заполняет все сечение трубки, слегка спадая к стенкам. Яркость свечения невелика. Градиент потенциала составляет от долей до нескольких В/см. Начиная с давления порядка килопаскалей, с ростом давления растет градиент потенциала, яркость свечения увеличивается и разряд постепенно стягивается к оси. Чем выше давление, тем больше стягивание и тем выше яркость. Одновременно с ростом давления и плотности тока происходит перераспределение излучения по спектру.

По физической природе столб разряда представляет собой *плазму*, т. е. газ или пар, состоящий из нейтральных атомов и содержащий «примесь» электронов и ионов. Концентрации электронов и ионов в каждом элементарном объеме практически равны между собой, благодаря чему плазма квазинейтральна. Исключение составляют пограничные слои у стенок колбы и у электродов, где эта нейтральность нарушается. Концентрация электронов (и ионов) в столбе стационарного разряда составляет обычно 10^{-4}—10^{-2} концентрации нейтральных атомов.

Внешнее электрическое поле, приложенное к столбу, вызывает ускоренное движение электронов. В результате различного рода соударений с атомами электроны передают им энергию. При упругих соударениях вследствие большой разницы в массах электроны передают атомам очень малую часть энергии, равную приблизительно $2m_e/m_a$ (например, для ртути $2m_e/m_{Hg} \approx 2/1840 \times 200 \approx 5{,}4 \cdot 10^{-6}$), но резко меняют направление движения. Поэтому движение электронов в столбе носит хаотический характер. При низком давлении газа и малой плотности тока из-за относительно малой передачи энергии атомам электронный газ нагревается до температуры в десятки тысяч кельвинов (электронная температура), в то время как температура газа нейтральных атомов, на которые электрическое поле не действует, лишь немногим превышает окружающую. В стационарном разряде нагрев электронного газа компенсируется охлаждением за счет передачи энергии атомам газа. В столбе разряда низкого давления основными процессами передачи являются возбуждение и ионизация атомов. Возбужденные атомы, возвращаясь в состояния с меньшей энергией, испускают при этом избыток энергии в виде фотонов, которые, покидая разряд, уносят энергию с собой. Образующаяся в результате ионизации пара электрон — ион идет на пополнение потерь заряженных частиц. В разряде низкого давления потеря заряженных частиц происходит в основном в результате их рекомбинации на стенках колбы, куда они попадают за счет диффузии. При этом они отдают свою энергию стенкам, вызывая их нагревание.

В разряде низкого давления и при малой плотности тока наибольший поток излучения сосредоточен в так называемых *резонансных* линиях, т. е. при длинах волн, соответствующих переходам возбужденных атомов из «нижнего» возбужденного состояния в основное невозбужденное. При особо благоприятных условиях в резонансное излучение может преобразовываться до 80—85 % подводимой к столбу энергии.

По мере повышения давления и плотности тока растет число различных соударений между электронами и атомами газа и вместе с тем обмен энергией между ними. В результате температура электронов падает, а температура газа возрастает. При давлении порядка 10^5 Па и выше и токе в несколько ампер температуры электронов и газа становятся практически равными друг другу и достигают 4000—5000 К и более (термическая плазма). Возникающий в этих условиях большой перепад температур от осевых частей разряда к периферии приводит к стягиванию разряда в яркий светящийся шнур, окруженный темной оболочкой. Это связано с

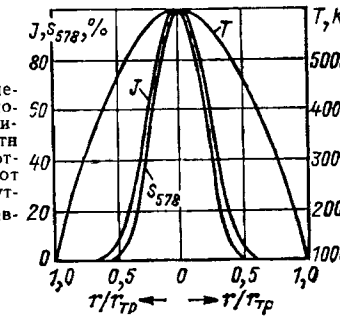


Рис. 4.29. Изменение температуры T, объемной плотности излучения желтой линии ртути S_{578} и плотности тока J в зависимости от относительного расстояния от оси трубки $r/r_{тр}$ для ртутного разряда высокого давления.

тем, что в такой термической плазме объемная мощность излучения и концентрация электронов, а следовательно, плотность тока очень резко зависят от температуры пропорционально $\exp(-\text{const}/T)$, где T — в Кельвинах. Поэтому даже незначительное снижение температуры в направлении от оси разряда к периферии вызывает резкое уменьшение мощности излучения и плотности тока (рис. 4.29).

В термической плазме при высоком давлении излучающего газа или пара преобладает излучение нерезонансных спектральных линий (линий, возникающих при переходах электронов в атомах из одного возбужденного состояния в другое — возбужденное с меньшей энергией, но не на основное — невозбужденное). Ток в столбе переносится в основном электронами, так как они имеют значительно большую подвижность, чем ионы.

Излучение газов и паров в ГЛ вызвано возбуждением атомов (или молекул) в разряде за счет неупругих соударений с электронами. Возбужденные атомы (кроме метастабильных) за время 10^{-6}—10^{-8} с возвращаются в состояния с меньшей энергией и при этом испускают избыток энергии в виде фотонов — электромагнитного излучения с частотой $\nu = (W_1 - W_2)/h$, где W_1 и W_2 — соответственно энергии начального и конечного состояния атома; $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с — универсальная постоянная Планка. Атомы каждого химического элемента имеют совершенно определенные, присущие только ему энергии возбужденных состояний и поэтому могут испускать фотоны только определенных частот или длин волн. При рассматривании такого излучения через спектральный прибор видеи спектр, состоящий из отдельных линий, расположение которых характерно для каждого рода газа или пара. Интенсивность отдельных спектральных линий зависит от условий разряда (давления, тока, диаметра трубки и т. д.), но при этом всегда имеется определенная совокупность линий, присущих только данному элементу. Характер спектра зависит от структуры внешней электронной оболочки атома. У элементов с одним электроном на

внешней оболочке (первая группа таблицы Менделеева), например, таких, как литий, натрий, калий, спектры состоят из относительно небольшого числа линий. У элементов с двумя электронами на внешней оболочке (вторая группа таблицы Менделеева) число линий в спектре больше. Вообще густота заполнения спектра линиями растет с увеличением числа электронов на внешней оболочке, т. е. по мере перехода от первой ко второй, третьей и т. д. группам таблицы Менделеева. Спектры редкоземельных металлов настолько густо насыщены линиями, что производят впечатление сплошных. Спектры молекул состоят обычно из полос [28].

В разряде с большой концентрацией свободных электронов (большая плотность тока и высокое давление) значительную интенсивность имеет непрерывный спектр, возникающий при торможении свободных электронов под воздействием ионов, электронов, атомов.

Таким образом, подбирая род газа или пара и условия разряда, мы можем получать различные спектры излучения с различным распределением интенсивностей. (Конкретные спектры см. отдельные типы ГЛ.)

Преобразование излучения разряда при помощи люминофоров открыло широкие возможности создания ГЛ с самыми различными спектрами излучения. Обычно для возбуждения люминофора используется УФ излучение разряда, которое люминофор преобразует с определенными потерями в более длинноволновое излучение, лежащее в УФ или видимой областях спектра (см. пп. 4.3.2, 4.3.3).

Электрические характеристики. Для ГЛ стационарного действия мощность и напряжение на лампе нормируется, так как конструкция ГЛ предусматривает их работу при определенной мощности и токе. При работе ламп на падающих или почти горизонтальных участках вольт-амперной характеристики для надежной стабилизации и работы без пауз тока необходимо, чтобы напряжение на лампе не превышало 0,65 от $U_{сеть}$, т. е. было не более 80 В для сети 127 В и 140 В для 220 В (см. разд. 6). Падение напряжения на ГЛ $U_л$ складывается из падений напряжения у катода $U_к$, в столбе $U_{ст}$ и у анода $U_а$. На переменном токе анодное и катодное падения напряжения обычно учитывают совместно как $U_{ак}$. Поскольку $U_{ст}=El_{ст}$,

$$U_л = El_{ст} + U_{ак}. \qquad (4.12)$$

В ГЛ дугового разряда $U_{ак}$ меняется в зависимости от типа лампы в пределах от 5 до 18 В и сравнительно слабо зависит от условий разряда. Поэтому в ГЛ с развитым столбом главная часть падения напряжения приходится на столб. Градиент потенциала зависит от состава наполнения, возрастает[1] с ростом давления p и уменьшается с ростом диаметра трубки $d_{тр}$ и тока I. Для ЛВД

$$E \approx c_E p^b d_{тр}^{-g} I^n, \qquad (4.13)$$

где $b=0{,}5\div0{,}8$; $g=0{,}2\div0{,}3$; $n=-0{,}2\div+0{,}2$. В лампах низкого давления E лежит в пределах от долей до нескольких В/см. В ГЛВД и ЛСВД E достигает десятков и даже сотен В/см.

Рабочее напряжение на ГЛ определяется расстоянием между электродами и условиями разряда, а ток, необходимый для получения заданной мощности, обеспечивается подбором сопротивления балласта, с которым ГЛ включается в сеть.

Зависимость характеристик ГЛ с парами и газами от температуры колбы обусловлена зависимостью давления паров металлов или веществ от температуры. В нерабочем состоянии металлы или (и) вещества присутствуют в жидком или твердом состоянии и давление (упругость) их паров определяется как давление паров, насыщающих пространство. Оно зависит от рода металла или вещества и температуры. При комнатной температуре оно обычно очень мало, но исключительно резко возрастает с ростом температуры металла или вещества: $p \approx c_м e^{-b/T}$. Так, давление насыщающих паров ртути при 20 °С равно 0,16 Па, при 50 °С (что близко к рабочей температуре колб ЛЛ) около 1,7 Па, при 398 °С около $2\cdot10^5$ Па и т. д. Поэтому после включения ГЛ по мере нагревания колбы и металла (вещества) очень резко возрастают давление и плотность паров в объеме (рис. 4.30, левый участок). Вместе с тем резко изменяются все характеристики разряда. Так продолжается до тех пор, пока не установится тепловой режим колбы.

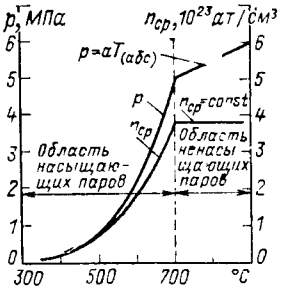


Рис. 4.30. Давление p и средняя плотность $n_{ср}$ паров ртути в лампе сверхвысокого давления с дозированным количеством ртути в зависимости от температуры колбы.

Этим объясняется наличие периода разгорания у всех ГЛ с разрядом в парах. Его длительность определяется временем, необходимым для разогревания колбы и установления теплового режима. Чем выше рабочая температура колбы, тем больше разница между давлением паров металла в работающей и холодной ГЛ и тем больше разница между начальными и рабочими характеристиками (световыми, $U_з$ и др.). В ГЛВД и ЛСВД рабочее давление паров в сотни тысяч и миллионы раз превышает их давление в холодной лампе. Вследствие этого повторное зажигание ламп с разрядом в парах металла (или веществ) при высоком или сверхвысоком давлении без специальных приемов возможно только по истечении некоторого времени после выключения, в течение которого ГЛ остынет и давление паров в ней снизится настолько, чтобы она зажигалась в стандартной схеме. Для повторного зажигания горячей ГЛ необходимо приложить весьма высокое напряжение (см. рис. 4.28).

Чтобы уменьшить зависимость характеристик разряда в парах от теплового режима колбы, принимают специальные меры. Так, РЛВД и ЛСВД наполняют строго дозированным количеством ртути с таким расчетом, чтобы в нормальных условиях работы лампы ртуть полностью испарялась и разряд происходил в ненасыщенных парах. В этом режиме давление изменяется с температурой значительно медленнее $p \approx nkT$ (см. рис. 4.30, правый участок), вследствие чего и все характеристики разряда существенно меньше зависят от температуры колбы, т. е. режима работы ГЛ. При избытке металлов и веществ колбу конструируют таким образом, чтобы температура наиболее холодной зоны, определяющей давление паров, имела требуемое значение и по возможности мало зависела от рабочего режима ГЛ.

В ГЛ с газовым наполнением общее количество газа в объеме остается неизменным как в холодной, так и в работающей лампе. Во время работы за счет нагрева происходит некоторое повышение давления газа и перераспределение его плотности по объему. Однако даже в ЛСВД с предельно высокой температурой колбы и разряда давление газа в работающей ГЛ повышается не более чем в 4—7 раз, а обычно повышение еще

[1] При низких давлениях наблюдается более сложная зависимость градиента от давления [28].

меньше. Вследствие этого в ГЛ с газовым наполнением: 1) практически отсутствует период разгорания, т. е. их электрические и световые характеристики сразу после зажигания разряда принимают значения, близкие к рабочим; 2) температура колбы слабо влияет на характеристики разряда; 3) напряжение зажигания ГЛВД и ЛСВД весьма велико и 4) давление в ЛСВД и в неработающем состоянии велико (см. п. 4.3.6, меры предосторожности).

Электроды являются одним из осиовиых конструктивных узлов ГЛ. Имеются два основных электрода:

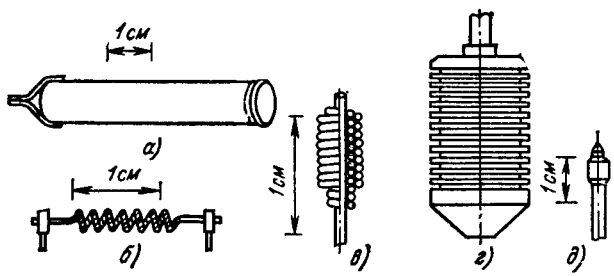


Рис. 4.31. Схематический вид электродов разрядных ламп.

а — трубок тлеющего разряда со столбом; *б* — ртутных люминесцеитиых ламп иизкого давления; *в* — ртутных, металлогалогенных и натриевых трубчатых ламп высокого давления иа переменном токе; *г* — аиод мощной (4 кВт) ксеионовой короткодуговой ЛСВД с естественным охлаждением: *д* — катод той же лампы.

катод и аиод. Катод обеспечнвает поступление электронов, необходимое для поддержания разряда; анод является приемником электронов из разрядного промежутка. При работе на постоянном токе катод и анод имеют, как правило, различную конструкцию с тем, чтобы обеспечить оптимальную работу каждого из них. У ГЛ, использующих излучение столба и работающих иа переменном токе, оба электрода, как правило, имеют одинаковые конструкцию и размеры, поскольку каждые полпериода они меняются ролями.

В зависимости от тнпа разряда примеияют холодиые или накаленные катоды.

Холодные катоды применяют в ГЛ тлеющего разряда. Их рабочая температура обычно не превосходит 100—200 °С. Эмиссия электронов обеспечивается в основном за счет ударов положительиых ионов о катод. Этот механизм малоэффективен и требует больших околокатодных падений напряжеиия. Холодные катоды изготавливают из материалов с малым катодным распылением — железа, никеля, алюминия. Часто для снижения напряжения зажигания и околокатодного падения напряжения поверхность катода покрывают тонким слоем активирующего вещества (соединения щелочноземельных металлов). В высоковольтиых газосветных трубках применяют электроды в виде цилиидров с донышком (рис. 4.31, *а*). В ГЛ тлеющего свечеиия электроды в зависимости от назначения имеют самые разнообразные формы (см. п. 4.3.8).

Накаленные катоды применяют в ГЛ дугового разряда. Применяют почти исключительно самокалящиеся катоды, т. е. накаливающиеся за счет энергии самого разряда. Катоды с независимым накалом примеияются только иногда для облегчения зажигаиия и поддержания разряда (иапример, в ЛЛ). Эмиссия электронов из катода является в основном термоэлектроиной.

В дуговых ГЛНД, например, ЛЛ, натриевых, неоновых и др. применяют так называемые *оксидные катоды*. Они представляют собой биспирали (или триспирали) из вольфрамовой проволоки, покрытые слоем активатора на основе окислов щелочноземельных металлов с некоторыми добавками (рис. 4.31, *б*). Электроды конструируются так, чтобы они обеспечивали надежное зажигание разряда, а при нормальном режиме работы имели оптимальную температуру (достаточиая термоэлектронная эмиссия при большом сроке службы). Для оксидиого катода она составляет 950—1000 °С.

В ГЛВД и ЛСВД применяют так называемые *пленочные катоды* различной конструкции. Оии, как правило, состоят из двух частей: зажигающей и рабочей. Зажигающая часть связана с активатором и служит для облегчения зажигаиия. После разгорания разряд переходит на рабочую часть, более стойкую в отношении термического распыления. Материалом для электродов служит вольфрам. Конструктивно электрод представляет собой обычно стержень (рабочая часть), на который надета одно- или двухслойная спираль; между витками спирали находится активатор (зажигающая часть) (рис. 4.31, *в*). При работе лампы активатор поступает на рабочую часть за счет диффузии и образует иа ней мономолекулярную пленку, снижающую работу выхода электронов.

В мощных ГЛВД и ЛСВД применяют электроды специальных конструкций (рис. 4.31, *г*).

4.3.2. ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ЛАМПЫ

Люминесцентные лампы (ЛЛ) представляют собой разрядные источники света низкого давления, в которых УФ излучение ртутного разряда преобразуется люминофором в более длинноволновое излучение. Первые образцы отечественных ЛЛ были созданы в 1936—1940 гг. группой московских ученых и инженеров под руководством акад. С. И. Вавилова [4.13, 4.14]. Сразу после изобретеиия ЛЛ их производство и примеиеиие расширялнсь необычайно быстрыми темпами. В 1980 г. в СССР ЛЛ создавали свыше 60 % светового потока при освещении общественных зданий. Для удовлетворения многочисленных требований народиого хозяйства и для различных условий применения выпускалось около 75 типов ЛЛ. Это объясняется, во-первых, рядом достоинств ЛЛ: 1) высокой световой отдачей и большим сроком службы; 2) малой себестоимостью, связанной с высокой степеиью механизации, простотой конструкции и с доступностью сырья и материалов; 3) благоприятным спектром излучения, обеспечивающим высокое качество цветопередачи; 4) низкой яркостью и температурой поверхности лампы. Во-вторых, за прошедшие годы характеристики ламп непрерывно улучшались: продолжительность горения увеличилась с 2,5 тыс. ч в 1940 г. до 15—18 тыс ч, световая отдача возросла с 50 до 80 лм/Вт, а спад световой отдачи к концу средней продолжительности горения при этом уменьшился с 40 до 20—30 %.

В то же время из-за некоторых прииципиальных недостатков ЛЛ малопригодны для наружиого освещения и освещения высоких помещеиий, что обусловлено малой мощностью (в пределах от 4 до 150 Вт), большими размерами ЛЛ, трудностью перераспределения и концентрации их светового потока в пространстве, а также ненадежной работой при низких температурах окружающей среды.

Классификация ЛЛ по характеру разряда в иих позволяет выделить ЛЛ дугового разряда с горячими катодами и лампы тлеющего разряда с холодными катодами. Лампы дугового разряда, зажигаемые от стандартного сетевого напряжения с предварительным подогревом катодов, наиболее экономичны, просты в эксплуатации и получили самое широкое применение в осветительной техиике. В зависимости от способа зажигания (см. разд. 6) ЛЛ могут быть стартерного, быстрого или мгновенного зажигаиия. Лампы тлеющего раз-

ряда зажигаются мгновенно и применяются для сигнализации и световой рекламы.

В большинстве типов ЛЛ используется излучение однородного положительного столба разряда с цилиндрической симметрией. Их колба имеет вид прямой или изогнутой трубки, длина осевой линии которой значительно превышает диаметр (рис. 4.32). В некоторых типах малогабаритных ЛЛ, применяемых для сигнализации или подсветки шкал приборов, используется излучение, приэлектродных областей тлеющего или дугового разряда; по форме колбы они подобны ЛН.

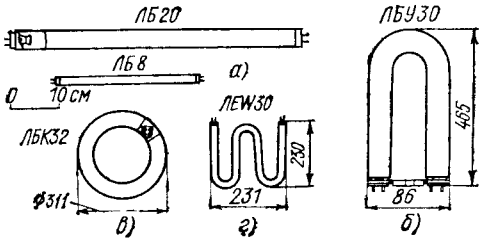


Рис. 4.32. Виды люминесцентных ламп (габаритные чертежи). *а* — прямые трубчатые лампы; *б* — U-образная; *в* — кольцевая *г* — W-образная (рисунки *б*, *в*, *г* выполнены не в масштабе).

Люминесцентные лампы дугового разряда можно подразделить на осветительные ЛЛ общего и ЛЛ специального назначения. Лампы общего назначения — это ЛЛ стартерного зажигания для сетей напряжением 127 и 220 В в прямой колбе и с удельной электрической мощностью не более 0,05 Вт/см². Лампы специального назначения имеют особые эксплуатационные свойства, обусловленные особенностями конструкции: малогабаритные ЛЛ, ЛЛ с фигурной колбой, амальгамные, быстрого зажигания, высокоинтенсивные, рефлекторные (лампы-светильники), панельные, цветные и со специальным спектром излучения (для фотосинтеза, для ультрафиолетового облучения, эритемные).

Маркировка ЛЛ в СССР основана на буквенном обозначении конструктивных признаков [48]. Первая буква —Л — люминесцентная, следующие буквы обозначают либо цвет излучения, либо особенности спектра излучения: ТБ — теплобелая, Б — белая, ХБ — холоднобелая, Д—дневная, Е—естественнобелая, УФ—ультрафиолетовая, К, С, З, Г — красная, синяя, зеленая и голубая, Ф — фотосинтетическая, Ц — повышенное качество цветопередачи. Далее следуют буквы, обозначающие особенности конструкции лампы: Р — рефлекторная, У — U-образная, К — кольцевая, Б — быстрого пуска, А — амальгамная. Цифры, стоящие после букв, обозначают мощность лампы в ваттах. Сигнальные ЛЛ тлеющего разряда имеют маркировку, начинающуюся с букв ТЛ; трубки, применяемые в световой рекламе, — ГР-20.

В мировой практике нет единообразия в маркировке ЛЛ в разных странах. В США, например, в маркировке указываются длина и диаметр колбы ЛЛ в дюймах, буквенное обозначение цвета (подобно отечественному) и мощности («НО» — интенсивные, «VHO» — высокоинтенсивные). Некоторые европейские фирмы обозначают класс ЛЛ буквами: L — фирма «Осрам», TL — «Филипс», FL — «Мазда», после чего указывается мощность ЛЛ с буквой W (ватты) и цифровое обозначение цвета излучения, различное у разных фирм. В конце маркировки указываются буквенные обозначения особенностей конструкции ЛЛ (форма колбы, наличие амальгамы и т. п.). В Японии маркировка ЛЛ подобна отечественной, но буквы, обозначающие цвет, ставят после цифр, указывающих мощность. При этом маркировка ЛЛ, производимых для экспорта, не совпадает с маркировкой ламп, предназначенных для внутреннего рынка.

Принцип действия основан на использовании фотолюминесценции люминофоров под воздействием УФ *резонансного излучения* разряда в парах ртути при низком давлении 5—10 Па, которое соответствует температуре жидкой фазы ртути 35—40 °С. Давление паров ртути является фактором, определяющим выход излучения резонансных линий ртути 253,7 и 184,9 нм. Добавка инертного газа к парам ртути (аргон, аргоно-

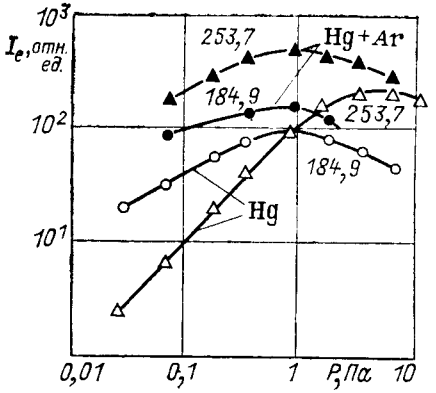


Рис. 4.33 Зависимость силы излучения резонансных линий ртути с λ=184,9 и 253,7 нм от давления паров ртути (ток 0,3 А, диаметр трубки 32 мм).

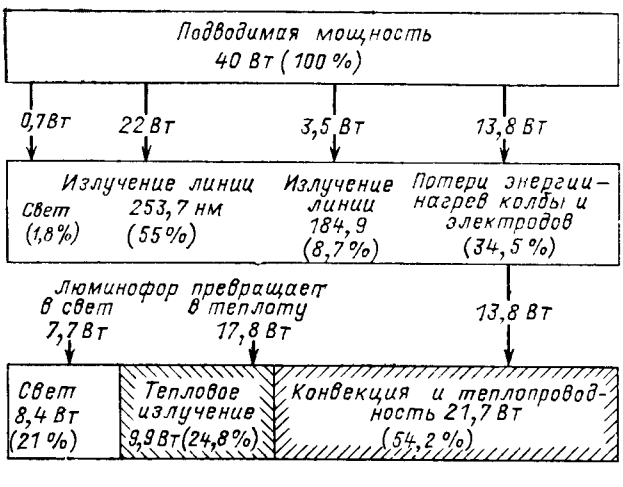


Рис. 4.34. Баланс энергии 40-ваттной люминесцентной лампы белого света.

неоновая смесь при давлении 200—400 Па) облегчает зажигание дугового разряда, уменьшает распыление катодов, увеличивает градиент электрического потенциала в столбе разряда и существенно повышает выход излучения резонансных линий ртути [4.15] (рис. 4.33). Установлено, что на долю резонансного излучения приходится более 60 % мощности лампы (в том числе на линию 253,7 нм — 55 %), тогда как на долю излучения других линий ртути — всего 1,5—2 % (рис. 4.34).

Существуют ЛЛ с разрядом в инертных газах — безртутные ЛЛ, которые имеют два важных преимущества: они нетоксичны и могут работать при низких тем-

Таблица 4.15. Параметры ЛЛ общего назначения [48]

Мощность, Вт	Ток, А	Напряжение, В	Размеры, мм: длина со штырьками цоколей (не более)	Размеры, мм: диаметр	Продолжительность горения, ч: минимальная	Продолжительность горения, ч: средняя	Световой поток, лм: Среднее значение после 100 ч горения для ЛЛ цветности: ЛБ	ЛТБ	ЛХБ	ЛД	ЛДЦ	Минимальное значение для каждой ЛЛ после минимальной продолжительности горения: ЛБ	ЛТБ	ЛХВ	ЛД	ЛДЦ
15	0,33	54±5,4	451,6	27_3	6000	15 000	820_40	820_90	800_80	700_70	600_40	600	540	525	450	410
20	0,37	57±6	604,0	40_4	4800	12 000	1200_50	1100_80	1020_50	1000_100	850_50	940	760	735	730	630
30	0,36	104±10,4	908,8	27_3	6000	15 000	2180_140	2020_100	1940_100	1800_180	1500_80	1680	1455	1395	1180	1080
40	0,43	103±10,3	1213,6	40_4	4800	12 000	3200_160	3100_155	3000_150	2500_125	2200_110	2490	2250	2250	1900	1630
65	0,67	110±11	1514,2	40_4	5200	13 000	4800_240	4650_240	4400_220	4000_200	3160_160	3720	3310	3165	2705	2500
80	0,865	102±10,2	1514,2	40_4	4800	12 000	5400_270	5200_250	5040_240	4300_215	3800_190	4170	3745	3550	3100	2890

пературах [4.16]. Одиако у них значительио ииже световая отдача и мал срок службы. Наиболее удовлетворительны эти параметры у неоиовых красных ЛЛ.

Люминофоры, применяемые в ЛЛ, хорошо возбуждаются резонансным излучением атома ртути с длиной волны 184,9 и 253,7 нм. Квантовый выход люминесценции лучших фотолюминофоров достигает 90 % [4.17]. Таким люминофором является галофосфат кальция, активированный сурьмой и марганцем. Различные марки

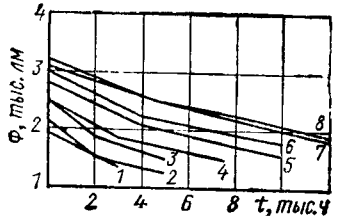


Рис. 4.35. Динамика улучшения параметров отечественных ламп типа ЛБ40, годы:
1 — 1954; *2* — 1961; *3* — 1967; *4* — 1968; *5* — 1971; *6* — 1971; *7* — 1977; *8* — 1981.

этого люминофора синтезируют с разной концентрацией марганца от 0,3 до 1,2 % (мас.) при постоянной концентрации сурьмы около 1,0 % (мас.), в результате чего в спектре люминесценции получается различное соотношение энергии в «сурьмяной» спектральной полосе с максимумом при 485 нм и в «марганцевой» спектральной полосе с максимумом при 585 нм. Это дает возможность изготавливать ЛЛ, имеющие цветовую температуру излучения 2700 К (теплобелые — ТБ), 3500 К (белые — Б), 4500 К (холоднобелые—ХБ) и 6500 К (дневные — Д), используя галофосфатный люминофор различных марок. Квантовое отношение люминесценции для них приближается к 0,44 при возбуждающем излучении с $\lambda=254$ нм и 0,32 при излучении с $\lambda=185$ нм. Мировая практика показывает, что световая отдача ЛЛ мощностью 40 Вт типов ЛБ, ЛТБ и ЛХБ на этих люминофорах в настоящее время приближается к 80 лм/Вт. У отечественных ЛЛ это реализовано пока лишь на ЛЛ типа ЛБ. По проведенным расчетам [28] предельная световая отдача ламп мощностью 40 Вт белого света достигает 110—120 лм/Вт. За тридцатилетнюю историю применения галофосфатного люминофора в отечественных ЛЛ их световая отдача возросла почти в 2 раза (рис. 4.35). Наиболее перспективными являются люминофоры на основе редкоземельных элементов, дающие люминесценцию в узких спектральных полосах, обеспечивающие большую световую отдачу, чем галофосфатные люминофоры. В СССР начат выпуск ламп с редкоземельными люминофорами.

Оксидный катод в ЛЛ обеспечивает зажигание и поддержание разряда при значениях тока лампы 0,1—2 А и более в течение десятков тысяч часов. Катод ЛЛ может работать в режиме самоподогрева с катодным пятном, обладающим высокой температурой и плотностью тока в радиусе менее 1 мм (стартерные ЛЛ) и в режиме внешнего подогрева, при котором достаточно велика термоэлектронная эмиссия всей поверхности катода и катодное пятно отсутствует (бесстартерные лампы). Второй режим характеризуется меньшей температурой катода и обеспечивает большую его долговечность, что особенно важно для работы высокоинтенсивных ЛЛ. О технологии изготовления ЛЛ см. [4.18].

Перспективы развития ЛЛ основаны на более эффективном использовании описанных выше принципов действия ЛЛ и заключаются в улучшении их параметров и расширении ассортимента. Усовершенствование галофосфатного люминофора для осветительных ЛЛ, направленное на повышение светового потока и его стабильности, позволяет перейти к производству более экономичных ЛЛ с пониженной мощностью — 18 вместо 20 Вт, 36 вместо 40 Вт и 58 вместо 65 Вт, уменьшенным диаметром колбы — 25 вместо 38 мм и повышенной световой отдачей. Создание редкоземельных люминофоров для этих экономичных ЛЛ позволяет получать световую отдачу до 100 лм/Вт при повышении общего индекса цветопередачи (см. п. 3.3.3) с 65 до 85. Разработка люминофорных смесей для ЛЛ с правильной цветопередачей дает возможность довести значения общего индекса цветопередачи до 95 при высоких значениях специальных индексов цветопередачи. Разработка компактных ЛЛ с встроенным ПРА и резьбовым цоколем обеспечивает прямую замену ЛН более экономичными ЛЛ.

Осветительные ЛЛ общего назначения представляют собой серию наиболее массовых ЛЛ мощностью 15—80 Вт, параметры которых нормируются ГОСТ 6825-74 [48]. Размеры и параметры этих ЛЛ даны в табл. 4.15.

Номинальное значение светового потока после 100 ч горения нормируется в среднем для партии ЛЛ. Каждая ЛЛ должна иметь световой поток с учетом допуска, значение которого приведено в табл. 4.15. Сила света ЛЛ в направлении, перпендикулярном продольной оси, для прямых трубчатых ЛЛ

$$I = 0{,}108\Phi,$$

где I — сила света, кд; Φ — световой поток, лм.

Таблица 4.16. **Цветовые характеристики излучения люминесцентных ламп общего назначения [48]**

Тип лампы	Значения координат цветности			
	x		y	
	не менее	не более	не менее	не более
ЛБ	0,393	0,415	0,383	0,409
ЛТБ	0,424	0,444	0,393	0,417
ЛХБ	0,358	0,380	0,364	0,390
ЛД	0,306	0,320	0,327	0,347
ЛДЦ	0,315	0,330	0,325	0,350

Средняя по диаметру яркость свечения ЛЛ в центре, кд/м^2,

$$L = 0{,}108k\Phi/dl,$$

где k — коэффициент, учитывающий спад яркости к концам ЛЛ (k=0,92 для ламп мощностью 40 Вт [28]); d и l — диаметр и длина светящей части лампы, м.

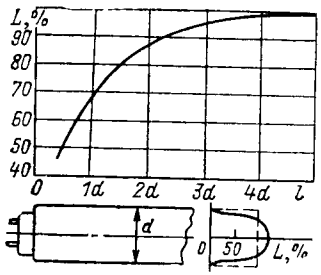


Рис. 4.36. Распределение яркости свечения лампы по длине и диаметру.

У стандартных ламп с нормальной электрической нагрузкой (см. таб. 4.15) яркость свечения от $4\cdot10^3$ до $8\cdot10^3$ кд/м^2. Пример распределения яркости свечения по длине и по диаметру ЛЛ приведен на рис. 4.36.

Стабильность светового потока ЛЛ нормируется, как показано в табл. 4.15, минимальным значением светового потока каждой ЛЛ после минимальной продолжительности горения, составляющей 40 % средней продолжительности горения. В стандарте задаются также следующие значения спада среднего светового потока ЛЛ: за время, составляющее 70% средней продолжительности горения, спад должен быть не более 30%, и за время, равное средней продолжительности горения,— не более 40 %. Спад рассчитывается от номинального значения светового потока.

Цветность излучения ламп (см. § 3.3) определяется координатами цветности x и y (табл. 4.16).

Допуски на значения координат цветности выбраны так, чтобы при изменении x и y в пределах допусков для каждого типа ламп зрительное восприятие излучения оставалось практически одинаковым. С помощью калориметров можно быстро и оперативно определять значения x и y [48]. Координаты цветности позволяют определить и цветовую температуру излучения ЛЛ на диаграмме цветности xy, так как кривая, представляющая геометрическое место точек цветностей излучений планковского излучателя с разной цветовой температурой (линия абсолютно черного тела) (рис. 4.37), проходит через поля допусков x, y. При этом распределение спектральной плотности энергии излучения по длинам волн у ЛЛ довольно значительно отличается от распределения планковского излучателя (рис. 4.38). Цветовая температура излучения влияет в первую очередь на цвет белых и нейтрально серых объектов и на цветовую адаптацию наблюдателя, поэтому комфортность освещения во многом зависит от правильного выбора цветовой температуры ЛЛ. Случайное смешивание ЛЛ разных цветностей в осветительной установке является нежелательным.

Цветопередача, обеспечиваемая ЛЛ, наиболее благоприятна (см. разд. 3), по сравнению с другими ГЛ, так как у них энергия излучения равномернее распределена по всему диапазону видимости спектра, а не сосредоточена в нескольких спектральных линиях или полосах, как у большинства других разрядных ламп. Тем не менее недостаток излучения в красной области спектра и наличие голубых и зеленых линий ртутного разряда, равно как и избыточное излучение в желтой области спектра (рис. 4.38), приводят к тому, что обычные ЛЛ (ЛБ, ЛТБ, ЛХБ и ЛД) обеспечивают лишь удовлетворительную, но не высококачественную цветопередачу (R_a=62÷70).

Люминесцентные лампы с улучшенной цветопередачей, именуемые за рубежом ЛЛ «делюкс», «суперделюкс», «экстраделюкс», имеют спектр излучения, более близкий к спектру планковского излучателя, и значение R_a до 85 — для ЛЛ «делюкс» и 85 и более — для «суперделюкс» и «экстраделюкс». Отечественные лампы с правильной цветопередачей имеют в маркировке дополнительную букву Ц, выпускаются по ГОСТ 6825-74 (ЛЛ типа ЛДЦ) и по отраслевым техническим условиям Параметры этих ЛЛ приведены в табл. 4.16 и 4.17. По размерам и электрическим параметрам перечисленные

Таблица 4.17. **Параметры люминесцентных ламп с улучшенной цветопередачей**

Тип лампы	Световой поток, лм		Координаты цветности				Цветовая температура, К	Мощность, Вт	Средняя продолжительность горения, ч	Спад светового потока за время средней продолжительности горения, %
	Среднее значение после 100 ч горения для ламп	Световой поток каждой ЛЛ после минимальной продолжительности горения, лм	x		y					
			не менее	не более	не менее	не более				
ЛДЦУФ40	1560—60	1250	0,315	0,330	0,325	0,350	6000	40+2,5	12 000	—
ЛХЕЦ40	1930—200	1400	0,330	0,350	0,325	0,350	5200	40+2,5	12 000	—
ЛЕЦ20	865—85	600						20+1,5	12 000	
ЛЕЦ30	1400—140	900	0,367	0,397	0,352	0,382	3900	30+2	15 000	40
ЛЕЦ40	2190—220	1500						40+2,5	12 000	
ЛЕЦ65	3400—250	2230						65+3,75	13 000	
ЛТБЦ40	1700—170	1070	0,435	0,465	0,380	0,410	2700	40+2,5	12 000	—

Таблица 4.18. Распределение светового потока ЛЛ по спектру

Тип лампы	Относительный световой поток, % общего, в спектральной зоне, нм							
	380—420	420—440	440—460	460—510	510—560	560—610	610—660	660—760
ЛДЦ, ЛДЦУФ	>0,017	>0,4	>0,53	>8,8	<45,8	<38	>8,5	>0,35
ЛЕЦ	>0,01	<0,5	>0,22	>4,8	<42	<45	>11	>0,62
ЛТБЦ	<0,01	<0,37	>0,065	>2,1	<41,6	<45	>15	>0,65

ЛЛ аналогичны стандартным лампам той же мощности и взаимозаменяемы с ними.

Распределение светового потока лампы по спектральным зонам (табл. 4.18) определяет правильность цветопередачи и задано в нормативной документации на ЛЛ типов ЛДЦ, ЛДЦУФ, ЛЕЦ и ЛТБЦ как предельно допустимое. Для ЛЛ типа ЛХЕЦ в технических условиях это распределение нормируется с двусторонними допусками, так как назначение этих ламп — освещение медицинских диагностических кабинетов — требует более точного воспроизведения цвета и более строгого нормирования спектра излучения лампы.

Спектральное распределение энергии излучения перечисленных ламп обеспечивает удовлетворительную

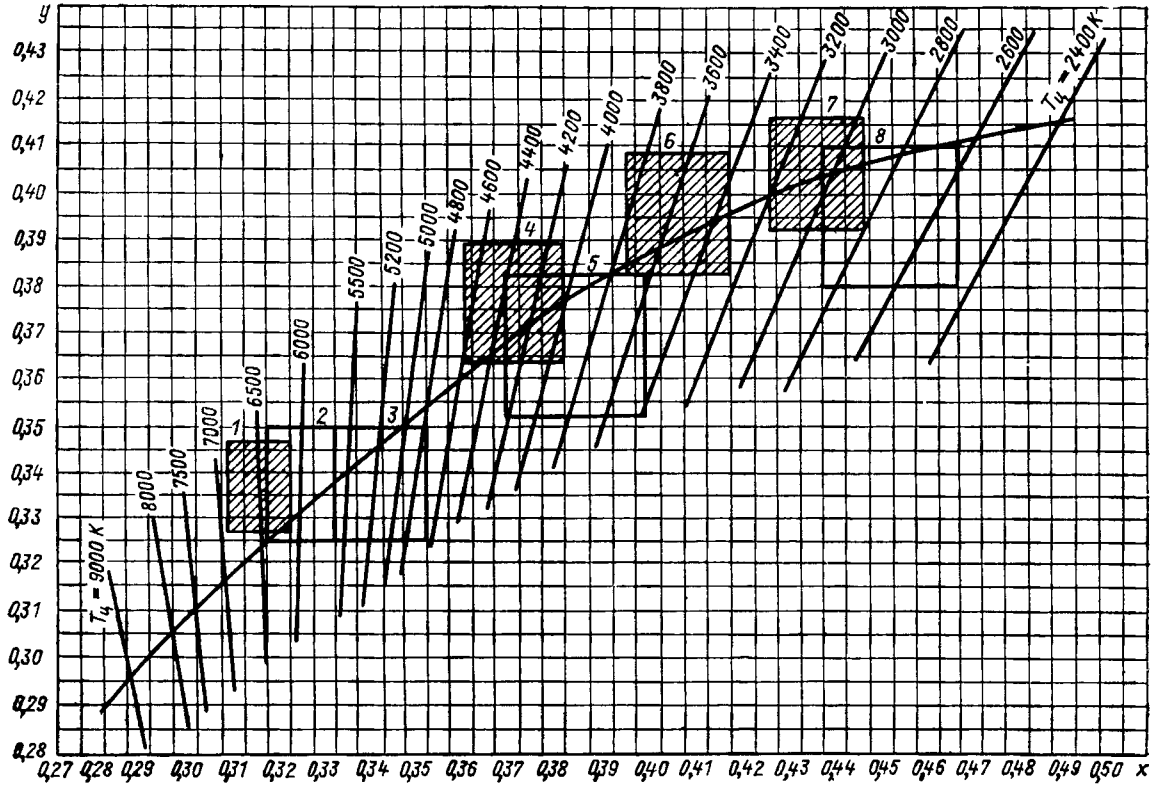


Рис. 4.37. Диаграмма цветности, *xy* и поля допусков, характеризующие цветность излучения люминесцентных ламп.
1 — ЛД; *2* — ЛДЦ; *3* — ЛХЕЦ; *4* — ЛХБ; *5* — ЛЕЦ; *6* — ЛБ; *7* — ЛТБ; 8 — ЛТБЦ.

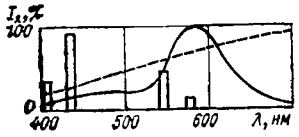


Рис. 4.38. Спектр излучения лампы типа ЛБ40 в сравнении со спектром планковского излучателя (пунктир) в видимом диапазоне. Для спектра ЛБ множитель 0,69 мВт·ср$^{-1}$·(10 нм$^{-1}$

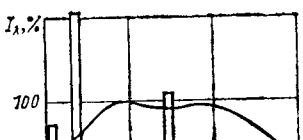


Рис. 4.39. Спектр излучения лампы типа ЛДЦ40. Множитель 0,3 мВт·ср$^{-1}$·(10 нм)$^{-1}$



Рис 4.40. Спектр излучения лампы типа ЛЕЦ40. Множитель 0,34 мВт·ср$^{-1}$× × (10 нм)$^{-1}$

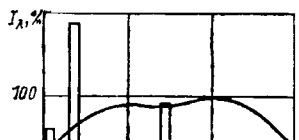


Рис. 4.41. Спектр излучения лампы типа ЛХЕЦ40. Множитель 0,28 мВт·ср$^{-1}$·(10 нм)$^{-1}$

(рис. 4.38) и высококачественную (рис. 4.39—4.42) цветопередачу: $R_a \geq 90$ — для ламп типов ЛДЦ и ЛДЦУФ; 93 — для ламп типа ЛХЕЦ; 85 — ЛЕЦ и 88 — ЛТБЦ. Хотя высокое значение R_a свидетельствует о хорошей цветопередаче, но это условие недостаточно, так как должны быть высокими также и все специальные индексы цветопередачи (см. разд. 3). Лампы с улучшенной цветопередачей имеют значительно большую долю излучения в красной области спектра. У ламп типа ЛТБЦ должен быть также меньший уровень ртутных

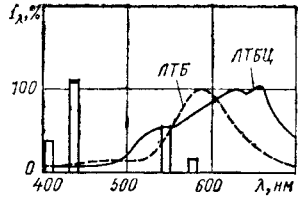


Рис. 4.42. Спектр излучения лампы типа ЛТБЦ40 в сравнении со спектром лампы типа ЛТБ40. Для спектра ЛТБ40 множитель 0,62 мВт× ×ср$^{-1}$· (10 нм)$^{-1}$; для спектра ЛТБЦ40 множитель 0,37 мВт·ср$^{-1}$·(10 нм)$^{-1}$

линий. Лампы с улучшенной цветопередачей выпускаются по следующей документации: типа ЛДЦ — по ГОСТ 6825-74, ЛДЦУФ — по ТУ16-545.043-75, ЛХЕЦ — по ТУ16-545.042-75, ЛЕЦ — по ТУ16-545.291-79, ЛТБЦ — по ТУ16-545.044-77.

Спектр излучения ламп с редкоземельными люмиофорами содержит три узкие полосы люминесценции (рис. 4.43). Положение в спектре и форма этих полос, а также значения светового потока в них оптимизированы так, чтобы лампа имела максимальное значение светового потока и общий индекс цветопередачи $R_a \geqslant 80$. Спектр излучения ЛЛ этого типа плохо заполнен, вследствие чего неизбежно получаются низкие значения некоторых специальных индексов цветопередачи. Поэтому ЛЛ с узкополосными спектрами излучения не во всех случаях могут заменить существующие ЛЛ с улучшенной цветопередачей [4.28].

Люминесцентные лампы специального назначения включают в себя малогабаритные ЛЛ, предназначенные для местного освещения; фигурные U- и W-образные и кольцевые ЛЛ, предназначенные для освещения жилых и общественных помещений; ЛЛ с направленным светораспределением (с отражателем на внутренней поверхности колбы) — рефлекторные, предназначенные для освещения промышленных помещений, а также для карнизного освещения, освещения витрин; высокоинтенсивные ЛЛ с повышенным световым потоком и яркостью

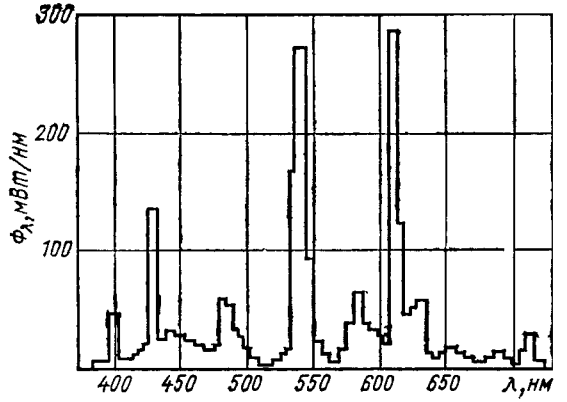


Рис. 4.43. Спектр излучения лампы мощностью 40 Вт со смесью люминофоров, излучающих в узких спектральных полосах. $T_{цв} = 4000$ К.

свечения за счет повышенной удельной мощности. Эти ЛЛ предназначены для интенсивного промышленного освещения (ЛХБ150) и для светокультуры растений (ЛФР150, см. разд. 17). Для облучения рассады в теплицах используются ЛЛ со специальным спектром излучения типов ЛФ40-1 и ЛФ40-2 (см. разд. 17). Для работы при более тяжелых условиях окружающей среды (высокая температура 30—60 °С) выпускаются ЛЛ, в которых ртуть заменена амальгамой, — амальгамные ЛЛ. Зависимость их светового потока от температуры

Рис. 4.44. Зависимость параметров люминесцентных ламп с амальгамой от температуры окружающего воздуха.

1 — ртутная лампа; *2* — амальгамная лампа ЛБА80-2.

показана на рис. 4.44. Типы и параметры ЛЛ специального назначения приведены в табл. 4.19.

Цветные ЛЛ предназначены для декоративного освещения и световой рекламы, главным образом внутри помещений. По размерам они взаимозаменяемы со стандартными лампами (табл. 4.14), но рассчитаны на работу в схеме быстрого пуска. Параметры ламп см. табл. 4.19.

Сигнальные малогабаритные ЛЛ тлеющего разряда с рабочим током около 3 мА предназначены для систем автоматики и радиоэлектроники, выпускаются с различными люминофорами, определяющими цвет свечения лампы: оранжевый, зеленый, голубой и желтый. Цвет отмечается последней буквой в обозначении типа лампы. В табл. 4.20 приведены параметры этих ламп.

Газосветные лампы (трубки), применяемые в световой рекламе, представляют собой лампы тлеющего разряда, в которых используются излучение положительного столба разряда и свечение люминофора, нанесенного на трубку и возбуждаемого излучением разряда. В последнем случае в трубку вводится доза ртути. Газосветные лампы имеют одно обозначение типа — ГР-20 и выпускаются по техническим условиям ТУ400-13-29-75. Для них используются трубки диаметром от 10 до 18 мм, как с люминофорным покрытием, так и без него, и унифицированные электродные узлы (типа ВИ-20 или ВИ-20Б) (см. рис. 4.31). Из люминофоров наиболее часто используются силикат кальция, активированный Pb, Mn (марка Л-25м, красный цвет), силикат цинка, активированный Mn (марка К-35, зеленый цвет) и боростаннат магния, активированный титаном (марка ЛР-1, синий цвет). Выпускаются трубки 17 цветовых оттенков, что достигается смешиванием люминофоров, а также наполнением трубки неоном, аргоном или их смесью со ртутью. Яркость свечения находится в пределах 2000—2500 кд/м^2 для трубок белого, желтого, золотистого и розового цветов свечения с малой насыщенностью, 1000—1500 кд/м^2 для трубок красного, голубого и синего цветов и 300—500 кд/м^2 для трубок без люминофора (голубых) и с люминофором темно-зеленого цвета (аргон без ртути). Наиболее высокую яркость 3500 кд/м^2 имеют зеленые трубки с люминофором К-35. Продолжительность горения ламп — 6—8 тыс. ч и определяется по прекращению их зажигания с высоковольтными трансформаторами типа ТГ-1020-К при включении на один трансформатор последовательно такого количества трубок, которое соответствует межэлектродному расстоянию 9 м. В эксплуатации на один трансформатор включаются трубки с суммарной длиной от 9 до 15 м в зависимости от диаметра трубки и температуры окружающего воздуха.

Таблица 4.19. ЛЛ специального назначения

Тип лампы	Мощность, Вт	Размеры, мм (рис. 4.32)		Напряжение, В	Ток, А	Световой поток, лм		Продолжительность горения, ч		Координаты цветности	
		длина	диаметр			номинальный	после 40 % средней продолжительности горения, не менее	средняя	каждой лампы	x	y
Малогабаритные											
ЛБ4-1(—2)	4	135,8	16	30 ± 3	0,15	110_{-15}	Не менее 75 % номинального (после 3000 ч)	6000	—	0,390—0,420	0,375—
ЛБ6-1(2)	6	211,0	16	46 ± 5	0,15	250_{-25}					
ЛБ8-3(—5)	8	288,2	16	61 ± 6	0,17	385_{-40}					
ЛБ13-1(—2)	13	516,8	16	95 ± 10	0,175	780_{-80}					
Фигурные (U-, W-образные и кольцевые)											
ЛБУ30-У4	30	465_{-7}	86_{-9}	$104\pm10,4$	0,36	1920_{-190}	1280	15 000	6000		
ЛБW30-У4	30	231_{-12}	230_{-12}	$108\pm10,8$	0,35	1800_{-200}	1280	15 000	6000	0,393—0,415	0,383—0,409
ЛБК22	22	—	216_{-12}	$66\pm6,6$	0,33	1050_{-105} (850_{-130})	790(640)	7500	3000		
ЛБК32	32	—	311_{-12}	$82\pm8,2$	0,41	1900_{-190} (1500_{-225})	1420(1140)	7500	3000		
ЛБК40	40	—	412_{-12}	110 ± 11	0,44	2600_{-260} (2200_{-330})	1950(1650)	7500	3000		
Рефлекторные											
ЛБР40	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	2500(2250) 520*$_{-85}$(435$_{-65}$)*	390*(330)*			0,393—0,415	0,383—0,409
ЛБР80	80	1514,2	40_{-4}	$102\pm10,2$	0,865	4350(4160) 825*$_{-75}$(810$_{-120}$)*	600*(525)*			0,393—0,415	0,383—0,409
ЛХБР40	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	(2080)	(300)*	10 000	4000	0,358—0,380	0,364—0,390
ЛХБР80	80	1514	40_{-4}	$102\pm10,2$	0,865	(3460)	(500)*			0,358—0,380	0,364—0,390
Амальгамные											
ЛБА15-1	15	451,6	27_{-3}	$54\pm5,4$	0,33	780_{-60} (740_{-75})	555(510)				
ЛБА30-1	30	908,8	27_{-3}	$104\pm10,4$	0,36	2040_{-80} (1940_{-150})	1450(1390)	12 000	4800	0,393—0,415	0,383—0,409
ЛБА40	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	3040_{-220} (2900_{-220})	2260(2160)				то же
Цветные											
ЛК40БП	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	330_{-33}	230			0,6	0,255—0,280
ЛЖ40БП	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	1450_{-145}	1020			0,52	0,44
ЛР40БП	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	560_{-56}	390	7500	4000	0,527—0,567	0,246—0,286
ЛЗ40БП	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	2100_{-210}	1500			0,23	0,52
ЛГ40БП	40	1213,6	40_{-4}	$103\pm10,3$	0,43	1000_{-100}	700			0,175—0,215	0,176—0,216

* Сила света в канделах.

Примечание. Значения светового потока и силы света, стоящие в скобках, относятся к лампам I категории качества.

Особенности эксплуатации ЛЛ — включение в сеть только с пускорегулирующим аппаратом (ПРА) и возможность работы только в ограниченном диапазоне температуры окружающей среды. Напряжение на ЛЛ при горении должно быть приблизительно вдвое ниже напряжения сети — тогда возможно использование простейшей схемы включения ЛЛ со стартером и индуктивным или индуктивно-емкостным балластом (см. разд. 6). Следовательно, ЛЛ с напряжением горения, близким к 100 В, рассчитаны для сети 220 В и с напряжением 50—60 в — для сети 127 В. Отклонения напряжения сети от номинала приводят к соответствующим отклонениям светового потока, мощности и тока ЛЛ (рис. 4.45), а также снижают ее продолжительность горения. При этом снижение напряжения сети так же опасно, как и повышение, поскольку катод рассчитан на работу при номинальном токе. Снижение напряжения сети более чем на 10 % приводит к отказу в зажигании.

Таблица 4.20. **Параметры сигнальных ЛЛ тлеющего разряда**

Тип лампы	Напряжение, В		Яркость свечения, кд/м², не менее	Средняя продолжительность горения, ч	Сопротивление балластного резистора, кОм при включении в сеть			Обозначение нормативного документа
	питания	зажигания не более			127	220	380	
ТЛГ-1-1	127	145	2,5	2000	100	—	—	ТУ11-СУО 337.122-75
ТЛГ-1-2	220	145	2,5	2000	100	—	—	То же
ТЛГ-3-1	127, 220, 380	145	2,5	5000	20	47	100	ТУ11-СУО 337.096-74
ТЛГ-3-2	220, 380	185	2,5	5000	—	47	100	То же
ТЛЗ-1-1	127, 220	145	20	2000	33	100	—	ТУ11-СУО 337.122-75
ТЛЗ-1-2	220	185	20	2000	—	100	—	То же
ТЛЗ-3-1	127, 220, 380	145	20	5000	20	47	100	ТУ11-СУО 337.096-74
ТЛЗ-3-3	220, 380	185	20	5000	—	47	100	То же
ТЛЖ-1-1	127, 220	145	20	2000	33	100	—	ТУ11-СУО 337.122-75
ТЛЖ-1-2	220	185	20	2000	—	100	—	То же
ТЛЖ-3-1	127, 220, 380	145	20	5000	20	47	100	ТУ11-СУО 337.096-74
ТЛЖ-3-2	220, 380	185	20	5000	—	47	100	То же
ТЛО-1-1	127, 220	145	50	2000	33	100	—	ТУ11-СУО 337.122-75
ТЛО-1-2	220	185	50	2000	—	100	—	То же
ТЛО-3-2	220, 380	185	50	5000	—	47	100	ТУ11-СУО 337.096-74
ТЛО-3-1	127, 220, 380	145	50	5000	20	47	100	То же

Температура окружающей среды влияет на температуру стенки ЛЛ и давление паров ртути в ней, имеющее оптимум при определенной температуре. Отклонение от этого оптимума ведет к снижению светового потока ЛЛ, а при значительных отклонениях, особенно в меньшую сторону, — к ухудшению зажигания ЛЛ. При

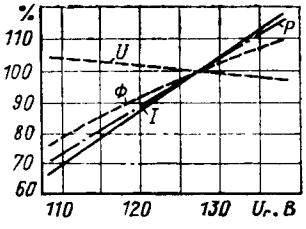


Рис 4.45. Зависимость напряжения, светового потока, мощности и тока лампы от напряжения сети (лампа ЛБ15).

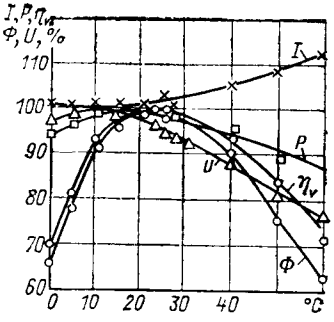


Рис 4.46. Зависимость параметров лами от температуры окружающего воздуха.

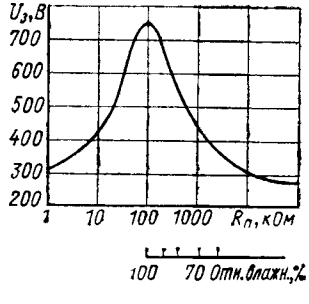


Рис. 4.47. Зависимость напряжения зажигания от поверхностного сопротивления стекла и влажности окружающей среды.

минусовой температуре ЛЛ или не зажигаются, или горят тускло. Для большинства ЛЛ рабочий диапазон температуры — от плюс 5 до плюс 50 °С. Зависимость световой подачи η_v от температуры окружающей среды (рис. 4.46) показывает, что для открытой лампы (вне светильника) оптимальная температура воздуха 20—30 °С. Для ЛЛ с амальгамой оптимальные значения температуры окружающей среды, например воздуха, в светильнике при работе ЛЛ смещаются в сторону более высоких температур 45—55 °С. Эти ЛЛ плохо зажигаются при 15 °С и ниже. Температура стенки ЛЛ при работе определяется условиями охлаждения, т. е. конструкцией светильника, и удельной мощностью. В неподвижном воздухе при 20 °С ЛЛ мощностью 40 Вт (например, ЛБ40) имеет температуру колбы 38 °С, 80 Вт — 48 °С, 150 Вт — 67 °С. Около электродов температура колбы повышена до 55, 75 и 130 °С соответственно.

Влажность окружающей среды влияет на напряжение зажигания ламп. Влага растворяет соли на поверхности стекла. При этом образуется пленка с высоким сопротивлением. Зависимость напряжения зажигания от сопротивления пленки имеет максимум при 100 мОм, что соответствует влажности 80—100 % (рис. 4.47). При повышенной влажности более надежно работают ЛЛ быстрого зажигания для бесстартерных схем включения. Эти лампы имеют катоды, нагреваемые от трансформатора ПРА, и металлическую полосу, нанесенную на наружную поверхность трубки. Полоса через дополнительный (боковой) контакт ламподержателя должна быть соединена через защитное сопротивление с одним из электродов; иногда ее заземляют. ПРА для лампы быстрого зажигания имеют обычно обмотки для подогрева катодов. Напряжение зажигания ЛЛ мощностью 40 Вт составляет около 150 В. Примером ЛЛ быстрого зажигания являются высокоинтенсивные ЛЛ мощностью 150 Вт.

Положение горения у ЛЛ, как правило, горизонтальное. Однако нет оснований опасаться нарушения требований ГОСТ и при ином размещении стандартных ЛЛ.

Вибро- и ударопрочность ЛЛ массового применения удовлетворяет группе условий эксплуатации М1 по ГОСТ 17516-72 даже с некоторым запасом. Дополнительное улучшение прочности в малогабаритных ЛЛ мощностью 4—13 Вт достигается за счет применения вольфрамово-рениевой проволоки при изготовлении электродов.

Пульсация светового потока при питании ЛЛ переменным током вызвана пульсацией УФ излучения столба разряда и несколько сглаживается за счет послесвечения люминофора. Коэффициент пульсации для ЛЛ типа ЛБ 22—23 %, для ЛЕЦ 73—75 %, для ЛТБЦ 68—70 % при включении в сеть частотой 50 Гц с образцовым измерительным дросселем. Это соответствует частоте пульсации светового потока 100 Гц. Для сглаживания пульсации освещенности несколько ЛЛ включают так, чтобы их токи были сдвинуты по фазе относительно друг друга (см. разд. 6), за счет чего коэффици-

Таблица 4.21. **Радиопомехи, создающиеся при горении ЛЛ**

Мощность лампы, Вт	Уровень радиопомех, дБ, при частоте, МГц				
	0,15	0,25	0,50	1,0	1,5
20	67±5	67±3	73±2	70±4	65±4
40	78±7	76±8	66±10	48±9	40±7
65	76±7	80±4	77±6	67±5	59±4

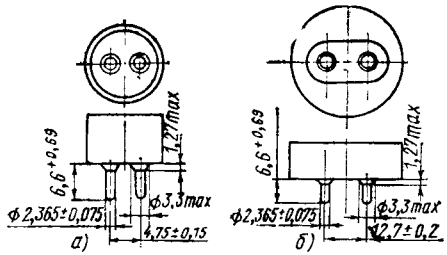


Рис. 4.48. Цоколи люминесцентных ламп (указаны размеры калибра).

а — цоколь типа G5d/12 для малогабаритных ламп мощностью от 4 до 13 Вт; *б* — цоколь типа G13d/24 и G13d/35 для ламп в колбах диаметрами 25 и 40 мм соответственно, мощностью от 15 до 80 Вт.

ент пульсации доводится до нормы. Наиболее заметна (и это вызывает раздражение при наблюдении) пульсация яркости свечения концевых участков ЛЛ, так как здесь частота пульсации вдвое ниже — 50 Гц вместо 100 Гц в середине ЛЛ, а коэффициент пульсации соответственно выше. Поэтому рекомендуется экранировать концы ЛЛ. Радикальным средством снижения пульсации является переход на высокочастотное питание (см. разд. 6).

Постоянный ток для питания ЛЛ может быть использован только при включении с активным балластом (реостатом) вместо дросселя (см. разд. 6). На постоянном токе вначале наблюдается некоторое повышение световой отдачи лампы. Однако через несколько часов горения световая отдача снижается более чем вдвое вследствие перераспределения ртути в ЛЛ (электрофореза) [28]. Ртуть скапливается около катода, и из-за недостатка атомов ртути в положительном столбе снижается световой поток ЛЛ. Для борьбы с этим явлением применяется периодическая «переполюсовка» — изменение полярности включения ЛЛ. Продолжительность горения ЛЛ на постоянном токе, как правило, существенно меньше, чем на переменном. При необходимости работы на постоянном токе конструкция ЛЛ должна быть переработана.

Радиопомехи генерируются ЛЛ всех типов и мощностей в диапазоне от 0,15 до 1,5 МГц, т. е. в диапазоне длинных и средних волн. В момент зажигания ЛЛ радиопомехи на порядок интенсивнее, чем при горении. Данные о радиопомехах различных ЛЛ приведены в табл. 4.21.

Для снижения радиопомех служат фильтры, являющиеся элементом электрической схемы светильника. При эксплуатации ЛЛ с фильтрами радиопомехи не превышают нормы.

Цоколи ЛЛ показаны на рис. 4.48. Для высокоинтенсивных ЛЛ типа ЛФР150 с током 1,9 А применяются специальные цоколи с ножевыми контактами.

Утилизацию отработавших ЛЛ нужно проводить с учетом токсичности ртути, содержащейся в наполнении ЛЛ (см. разд. 11).

Области применения ЛЛ — помещения общественных, жилых зданий, промышленных предприятий. В действующих нормах проектирования искусственного освещения [44] даны рекомендации по применению ЛЛ с улучшенной (правильной) цветопередачей (ЛЛ типов ЛЕЦ и ЛТБЦ) в помещениях общественных и жилых зданий. Эти ЛЛ повышают комфортность освещения, что важно для помещений II и III группы. Правильная цветопередача улучшает условия и качество выполнения точных зрительных работ, если они связаны с правильным различением цвета объекта. В связи с этим ЛЛ типов ЛДЦ, ЛЕЦ следует рекомендовать для промышленных помещений с такими производствами, как, например, окраска в машиностроении, отбеливание, окраска, чистка, сортировка и контроль тканей в текстильной промышленности, примерочно-браковочные операции в швейном производстве и другие, где правильная цветопередача совершенно необходима для выполнения контрольных операций и желательна на многих операциях обработки изделий.

Влияние окружающей среды на надежность работы ЛЛ должно обязательно учитываться. Особенно это касается промышленных помещений, где могут быть значительные отклонения климатических и механических факторов от нормальных для ЛЛ.

4.3.3. РТУТНЫЕ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Ртутные ГЛВД и ЛСВД являются самой распространенной и многочисленной группой ИС среди ГЛ высокого и сверхвысокого давления [28, 32]. Это связано с тем, что при помощи ртутного разряда удается создавать весьма эффективные источники в УФ, видимой и близкой ИК областях спектра, различной мощности, достаточно компактные, со сроком службы в десятки тысяч часов, обладающие при необходимости весьма высокими яркостями.

Классификация ртутных ГЛВД и ЛСВД основана на конструктивных признаках: 1) ГЛВД, 2) ГЛВД с исправленной цветностью (ДРЛ), 3) трубчатые ЛСВД с естественным охлаждением, 4) капиллярные ЛСВД с принудительным (воздушным или водяным) охлаждением и 5) шаровые ЛСВД с естественным охлаждением.

Ртутные лампы высокого давления [4.20, 4.21] представляют собой трубку большей частью из кварцевого стекла, по концам которой впаяны активированные самокалящиеся вольфрамовые электроды (см. рис. 4.31, в). Внутрь трубки после тщательного обезгаживания вводится строго дозированное количество ртути и спектрально-чистый аргон при давлении 1,5—3 кПа. Аргон служит для облегчения зажигания разряда и защиты электродов от распыления в начальной стадии разгорания лампы, так как при комнатной температуре давление паров ртути очень низкое (около 1,5 Па). В отдельных типах ламп кварцевая разрядная трубка помещается в вакуумированную внешнюю колбу. Лампы включают в сеть с соответствующей пускорегулирующей аппаратурой по схемам, приведенным для каждого типа РЛВД в разд. 6.

После зажигания дугового разряда происходит нагревание разрядной трубки и испарение ртути. Давление ее паров повышается, вместе с тем изменяются все характеристики разряда: растет напряжение на РЛВД и мощность, разряд стягивается в яркий светящийся шнур по оси трубки, растет поток излучения и КПД.

Этот процесс продолжается в течение 5—7 мин до тех пор, пока не испарится вся ртуть, после чего все характеристики стабилизируются. Изменение характеристик в процессе разгорания показано на рис. 4.49.

Основные типы РЛВД и их характеристики приведены в разд. 17 (см. табл. 17.13).

Общий вид ламп показан на рис. 4.50. Обозначение наиболее распространенного типа РЛВД — ДРТ (дуго-

вые, ртутные, трубчатые). Световая отдача РЛВД 45—55 лм/Вт. В табл. 4.22 приведено ориентировочное спектральное распределение потока излучения ламп типа ДРТ, на рис. 4.51 — распределение яркости разряда. Баланс энергии РЛВД мощностью 400 Вт приведен далее (см. ДРЛ).

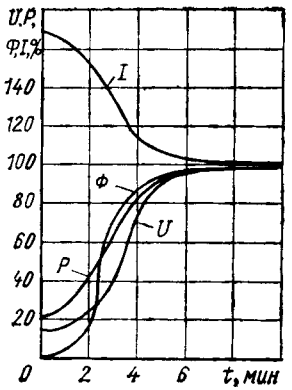


Рис. 4.49. Типичные кривые разгорания ртутных ламп высокого давления. (В зависимости от типа лампы, дросселя шкала времени может несколько меняться, но характер кривых сохраняется.)

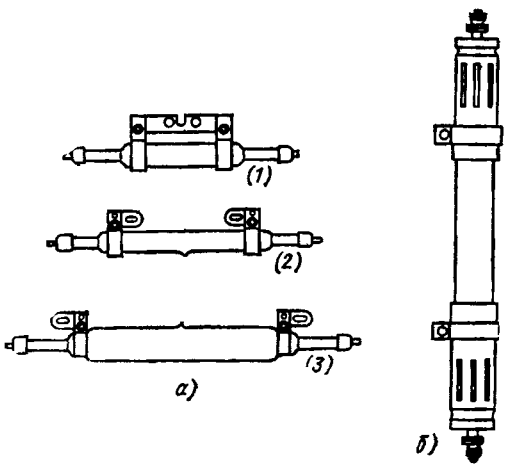


Рис. 4.50. Общий вид ртутных ламп высокого давления. *а* — ДРТ230 (*1*); ДРТ400 (*2*); ДРТ1000 (*3*); *б* — ДРТС250-04.2.

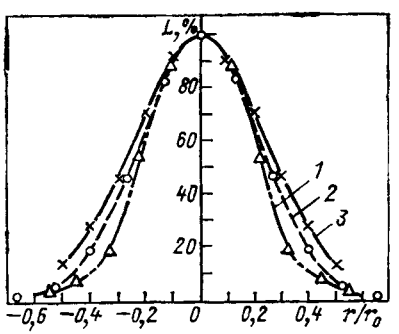


Рис. 4.51. Относительное распределение яркости разряда в поперечном направлении для ртутных трубчатых ламп высокого давления. *1* — лампа 250 Вт; *2* — УФ-йормаль, линия 546 нм; *3* — лампа 400 Вт.

Температура окружающей среды и условия охлаждения оказывают существенное влияние на характеристики РЛВД, работающих без внешней колбы. Понижение температуры может привести к конденсации ртути и значительному снижению напряжения на РЛВД, ее мощности и потока излучения. При повышении температуры сокращается срок службы за счет потемнения и соляризации кварцевого стекла.

Срок службы определяется главным образом уменьшением прозрачности кварцевого стекла в УФ части

Таблица 4.22. Относительное распределение потока излучения в спектре РЛВД типов ДРТ230, ДРТ400 и ДРТ1000 [4.21]

Длина волны спектральной линии, нм	Поток излучения линии, %	Длина волны спектральной линии, нм	Поток излучения линии, %
248,2	10,5	302,2/302,6	31,2
253,7	26,1	312,6/313,2	68,0
265,2	23,4	334,1	6,6
270,0	4,1	365,0/366,3	100,0
275,3	3,2	404,7/407,8	35,9
280,0	10,3	435,8	62,4
289,4	5,0	546,1	71,8
296,7	14,3	577/579	70,4

спектра и соответственно выхода УФ излучения. Полезный срок службы РЛВД типа ДРТ составляет 1,5—3 тыс. ч.

Области применения. Лампы ДРТ — эффективные источники УФ излучения применяются в медицине, сельском хозяйстве, измерительной технике (для люминесцентного анализа) и в других областях. Специальные типы ламп применяются в светокопировальных аппаратах (см. разд. 17). Для освещения не применяются из-за плохой цветопередачи.

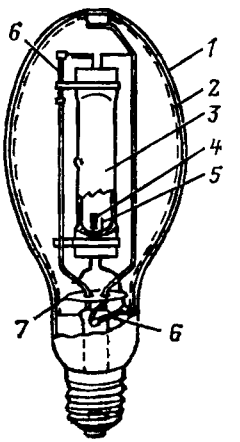


Рис. 4.52. Лампа типа ДРЛ мощностью 400 Вт (частично в разрезе). *1* — внешняя стеклянная колба; *2* — слой люминофора; *3* — разрядная трубка из прозрачного кварцевого стекла; *4* — рабочий электрод; *5* — зажигающий электрод; *6* — ограничительные резисторы в цепи зажигающих электродов; *7* — экран. (Конструкция ламп другой мощности аналогична.)

Лампы типа ДРЛ [49, 28, 32]. Условное обозначение лампы расшифровывается: Д — дуговая, Р—ртутная, Л — люминесцентная. Цифры после букв соответствуют мощности ламп в ваттах, далее в скобках — «красное отношение», % (см. ниже), через дефис, цифра — номер разработки.

Принцип действия и устройство основаны на преобразовании при помощи люминофора УФ излучения ртутного разряда ГЛВД, составляющего около 40% всего потока излучения, в недостающее излучение в красной части спектра. Качество исправления цветопередачи ламп типа ДРЛ определяется относительным содержанием красного излучения — отношением светового потока в красной области спектра от 600 до 780 нм к общему световому потоку лампы [4.4] (так называемое *красное отношение*). При освещении РЛВД без люминофора возникает сильное искажение цвета предметов, особенно человеческой кожи, что объясняется отсутствием излучения в оранжево-красной части спектра.

Современные РЛВД типа ДРЛ представляют собой ртутную горелку в виде трубки из прозрачного кварцевого стекла, смонтированную в колбе из тугоплавкого стекла. Внутренняя поверхность внешней колбы покрыта тонким слоем порошкообразного люминофора. Колба снабжена резьбовым цоколем. Схематический вид лампы дан на рис. 4.52.

Большинство РЛВД типа ДРЛ выпускается с горелками, имеющими кроме двух основных электродов еще один или два так называемых зажигающих элект-

Таблица 4.23. Основные параметры ламп типа ДРЛ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Световой поток, клм	Диаметр внешней колбы	Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Средняя продолжительность горения, тыс. ч
ДРЛ80(6)-2	80	115	0,80	3,4	81	165	E27/32×30	10
ДРЛ125(6)-2	125	125	1,15	6,0	91	184	То же	10
ДРЛ250(6)	250	130	2,13	13,0	91	227	E40/45	12
ДРЛ400(6)-2	400	135	3,25	23,0	122	292	То же	15
ДРЛ700(6)-2	700	140	5,40	40,0	152	368	» »	15
ДРЛ1000(6)-2	1000	145	7,50	57,0	181	410	» »	15
ДРЛ2000	2000	270	8,0	120,0	187	445	» »	6

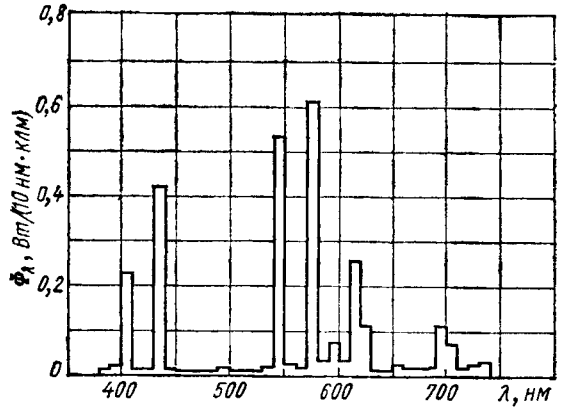


Рис. 4.53. Спектр излучения ламп типа ДРЛ мощностью 250—1000 Вт с фосфат-ванадатным люминофором.

рода, служащих для облегчения зажигания разряда (рис. 4.52). Небольшая часть ДРЛ выпускается с двухэлектродными горелками.

Лампы с четырехэлектродными горелками включаются в сеть через дроссель. Схемы включения двухэлектродных ДРЛ имеют кроме дросселя специальную зажигающую часть (см. гл. 6).

В качестве люминофоров применяют главным образом фосфат-ванадат иттрия, активированный европием (ФВИ), дающий несколько узких полос излучения в красной части спектра с максимумом излучения около 619 им. Оптимальный выход излучения наблюдается при температуре люминофора 250—300 °С. Исходя из этого выбирают форму и размеры внешней колбы. При использовании этого люминофора красное отношение может достигать 12—14 %. Иногда для повышения световой отдачи РЛВД типа ДРЛ и удешевления люминофорного покрытия наносят смесь из фосфат-ванадата иттрия с более дешевыми фосфатными люминофорами, дающими полосу излучения в оранжево-красной части спектра с максимумом около 590 нм. В этом случае красное отношение снижается до 7—8 %. Спектр излучения ламп ДРЛ с ФВИ показан на рис. 4.53. Реже применяют в качестве люминофора фторогерманат магния (ФГМ) с максимумом излучения около 650 им, дающий меньшую световую отдачу и красное отношение 6—8 %. Хотя качество цветопередачи в ДРЛ улучшено по сравнению с чисто ртутным разрядом, но оно намного хуже, чем, например, у ЛЛ.

Основные типы ламп ДРЛ и их параметры приведены в табл. 4.23.

Выпускают лампы двух модификаций: с красным отношением 6 и 10 %, с одинаковыми остальными параметрами. Для ламп первой модификации общий индекс цветопередачи $R_a \approx 42$, координаты цветности $x = 0{,}39$, $y = 0{,}40$.

Баланс энергии горелки ДРЛ400: потери на электродах 30 Вт, мощность столба 370 Вт, из них излучение разряда 192 Вт, в том числе УФ — 73, видимое — 59 и ИК — 60 Вт, тепловые потери 178 Вт. Баланс лампы в целом: видимое излучение 67 Вт, ИК излучение разряда 57 Вт, ИК (тепловое) излучение внешней колбы 203 Вт, конвекция и теплопроводность 73 Вт.

Положение горения допускается любое. Однако при горизонтальном положении дуга в горелке из-за конвекционных потоков слегка выгибается кверху, что приводит к небольшому снижению мощности и световой отдачи. Срок службы при этом из-за перегрева кварцевого стекла в верхней части горелки несколько снижается.

Рабочая температура центральной части внешней колбы от 220 до 280 °С. Температура на цоколе [49] для ДРЛ мощностью 80 и 125 Вт не должна превышать окружающую на 110 °С и на 150 °С для ламп 250—1000 Вт. Температура горелки достигает 700—750 °С.

Температура окружающей среды $t_{окр}$ влияет на напряжение зажигания $U_з$. При минусовых температурах давление паров ртути становится настолько малым, что зажигание разряда происходит в чистом аргоне и требуется более высокое напряжение, чем при наличии паров ртути. (Согласно [49] при $t_{окр} = 20 \div 40$°С $U_з$ не более 180 В; при $t_{окр} = -25$ °С $U_з$ не более 205 В; при $t_{окр} = -40$ °С $U_з$ не более 250 В для ламп 80—400 Вт и 300 В для ламп 700 Вт и для ламп 1000 Вт). Для надежного зажигания РЛВД типа ДРЛ в условиях низких температур (ниже —30 °С) необходимо применять УИЗУ (см. разд. 6) либо схемы с повышенным $U_х$. На рабочие характеристики ДРЛ благодаря наличию внешних колб $t_{окр}$ оказывает незначительное влияние: при изменении $t_{окр}$ от +20 до —30 °С Φ_v падает на 5 %. Излишнее повышение $t_{окр}$, например при работе в жарких цехах, в закрытых светильниках, вызывает перегрев внешней колбы и цоколя, что в условиях повышенной влажности и вредных испарений ускоряет окисление и коррозию металлических деталей. Возможен также отвал цоколя, если он прикреплен к колбе при помощи мастики.

Напряжение сети $U_с$ определяет рабочий режим лампы. При медленном изменении $U_с$ в пределах $\pm$ $\pm (10 \div 15)$ % изменение светового потока рассчитывается из соотношения $\Delta\Phi_v/\Phi_т \cong 2{,}5\Delta U_с/U_с$, мощность $\Delta P_л/P_л \cong 2\Delta U_с/U_с$.

Пульсация светового потока происходит с двойной частотой сети. При работе отдельной ДРЛ в сети с частотой 50 Гц в схеме со стандартным дросселем коэффициент пульсации составляет 63—74 %. При этой частоте (100 Гц) пульсации на глаз незаметны (см. разд. 8), но при наличии вращающихся деталей машин они могут вызывать опасный стробоскопический эффект. Пульсации суммарного потока могут быть уменьшены при включении ламп в разные фазы трехфазной сети.

Срок службы 12—15 тыс. ч при стендовых испытаниях. В процессе работы ДРЛ происходит постепенное снижение светового потока и красного отношения. На рис. 4.54 приведена усредненная кривая спада светового потока ламп ДРЛ, типичная для всех ртутных ЛВД. Скорость спада у маломощных (50—125 Вт) и

мощных (1000—2000 Вт) ДРЛ больше, чем у ламп мощностью 250 и 400 Вт. Срок службы уменьшается при увеличении числа включений.

Основные области применения: наружное освещение, освещение промышленных предприятий с потолками выше 3—5 м, не требующих высокого качества цветопередачи.

Ртутно-вольфрамовые лампы (4.20) представляют собой РЛВД, в которых свечение разряда дополнено свечением вольфрамовой спирали. Ртутно-кварцевая горелка включается последовательно с вольфрамовой спиралью, выполняющей две функции: ограничительного (балластного) сопротивления для РЛВД, благодаря чему отпадает необходимость в специальном дросселе, и дополнительного источника излучения в красной части спектра, благодаря чему несколько исправляется цветопередача.

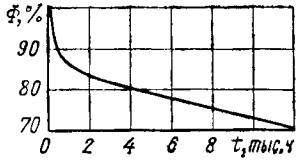


Рис. 4.54. Относительный спад светового потока ламп ДРЛ400 в процессе горения в схеме с индуктивным балластом 100 % после 100 ч горения. (Характер кривой типичен для всех ртутных ламп высокого давления).

Ртутно-кварцевая горелка и вольфрамовая спираль монтируются на общей стеклянной ножке в общей стеклянной колбе. Лампы включаются непосредственно в сеть переменного тока напряжением 220 В без дросселя. В первые минуты после зажигания разряда практически все напряжение сети ложится на вольфрамовую спираль (напряжение на ртутной горелки при включении около 20 В). По мере разогрева ртутной горелки напряжение на ней возрастает, а напряжение на вольфрамовой спирали уменьшается до рабочего значения. Световая отдача подобных ламп 18—20 лм/Вт, т. е. значительно ниже, чем у РЛВД, так как около половины мощности расходуется на нагрев вольфрамовой спирали. Световую отдачу можно повысить, если внутреннюю поверхность внешней колбы покрыть слоем люминофора, который преобразует УФ излучение РЛВД в видимое излучение, обычно красное. В этом случае световая отдача достигает 26—28 лм/Вт при красном отношении 10—13 %.

Особенно интересны для совместного облучения и освещения лампы типа ДРВЭ во внешних колбах из специального стекла, прозрачного для эритемного УФ излучения (до 280 нм), дающие излучение, близкое по своему действию к солнечному. В некоторых лампах этого типа внешние колбы выполняются специальной формы с внутренним зеркальным или диффузным покрытием (тип ДРВЭД), благодаря чему удается получить желаемое распределение лучистого потока без дополнительной арматуры. Условное обозначение этих ламп: Д — дуговая, Р — ртутная, В — вольфрамовая, Э — эритемная, Д — диффузная. Цифры после букв — напряжение питания в вольтах, цифры после дефиса — номинальная мощность в ваттах.

Основные типы ламп и их параметры (см. разд. 17). Общий вид лампы типа ДРВЭ показан на рис. 4.55, а на рис. 4.56 приведены светораспределение и спектр излучения.

Срок службы ламп 3—5 тыс. ч и определяется в основном сроком службы вольфрамовой спирали. Особенно сильно сокращается срок службы в моменты разгорания лампы, так как в это время практически все напряжение сети приложено к вольфрамовой спирали.

Области применения ламп типов ДРВЭ и ДРВЭД — эритемное облучение людей и животных и одновременно общее освещение (см. разд. 17).

Ртутные лампы сверхвысокого давления наиболее распространены в виде шаровых ртутных ламп типа ДРШ (рис. 4.57, *б*); реже применяются трубчатые лампы типа СВД (рис. 4.57, *а*). Капиллярные ртутные лампы с принудительным охлаждением в настоящее время промышленностью не выпускаются [28, 32].

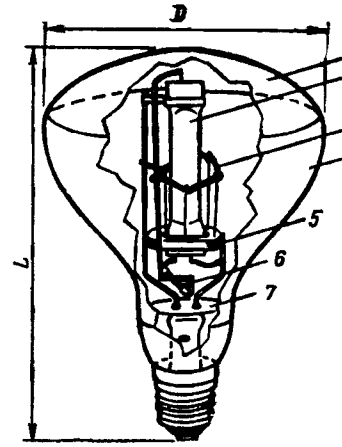


Рис. 4.55. Общий вид ламп типа ДРВЭ.

1 — внешняя стеклянная колба; *2* — разрядная трубка; *3* — вольфрамовая спираль; *4* — диффузно отражающее покрытие на внутренней стороне внешней колбы; *5* — керамическая деталь; *6* — ограничительное сопротивление; *7* — экран.

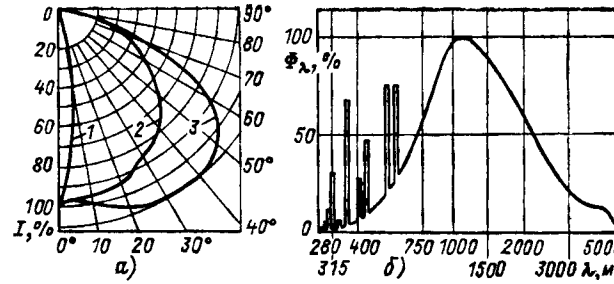


Рис. 4.56. Характеристика ртутно-вольфрамовых ламп.

а — кривые распределения силы света (*1* — зеркальная; *2* — зеркальная, купол матирован; *3* — отражающее покрытие из окиси магния); *б* — спектр излучения.

Основные типы ламп и их параметры приведены в табл. 4.24.

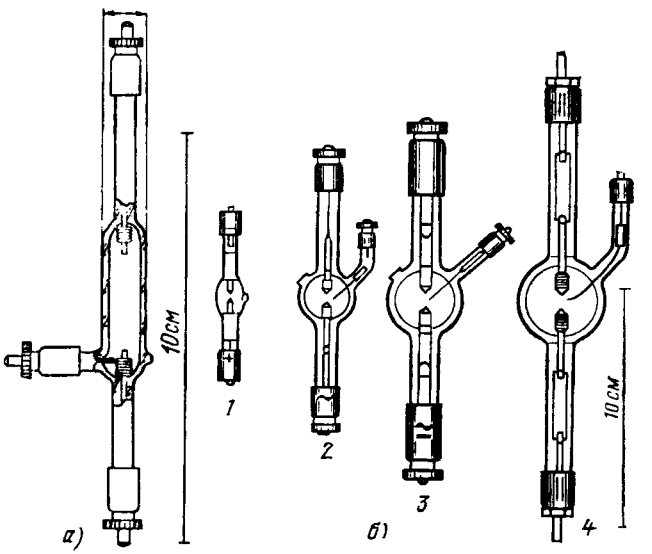
Лампы типа ДРШ (Д — дуговая, Р — ртутная, Ш — шаровая, цифры после букв — мощность в ваттах, цифры после дефиса — номер разработки) отличаются высокой яркостью при довольно удобной для проекционной оптики веретенообразной или бочкообразной форме светящего тела. Большинство ламп выпускается для работы на переменном токе. Они представляют собой толстостенную (2—3 мм) колбу шаровой или близкой к ней формы из прозрачного кварцевого стекла, в которую с противоположных сторон впаяны два вольфрамовых электрода (рис. 4.57). В лампах постоянного тока анод более массивный, чем катод. Катоды обычно активированы. Расстояние между концами электродов 4—8 мм (есть специальные типы ламп с расстоянием 0,3—0,5 мм). Для фиксации положения дуги концы электродов имеют конусообразную форму. Выводы имеют сравнительно большую длину с тем, чтобы концы фольги и цоколи не перегревались.

Высокие яркости РЛСВД с короткой дугой получаются за счет стягивания разряда у электродов в пятна высокой яркости малого размера. На рис. 4.58 при-

Таблица 4.24. Основные параметры ртутных ламп сверхвысокого давления типов СВД и ДРШ [4.20]

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Световой поток лм	Яркость в центре, Мкд/м²	Внешний диаметр колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Расстояние между электродами, мм	Средняя продолжительность горения, ч	Примечание
СВД120	120	125	4 200	—	97	200	—	250	Во внешней колбе
СВД120а	120	125	4 200			140		250	
ДРШ100-2	100	20	2 000	1100	12	85	0,3	100	Постоянный ток
ДРШ250	250	72	12 500	100	25	145	4	250	
ДРШ250-3	250	72	12 500	150	25	145	3,9	500	
ДРШ500М	500	76	22 500	200	33	190	4,5	600	
ДРШ1000	1000	90	53 000	170	40	232	8	100	

Примечание. Тип цоколя для всех ламп — спецнальный, за нсключеннем лампы тнпа СВД120, для которой тип цоколя Е27/32×30.



Рнс. 4 57. Общнй вид ртутиых лам сверхвысокого давления *а* — лампа типа СВДl20а; *б* — лампы типа ДРШ; *1*—ДРШ100-3; *2* — ДРШ250; *3* — ДРШ500; *4* — ДРШ1000.

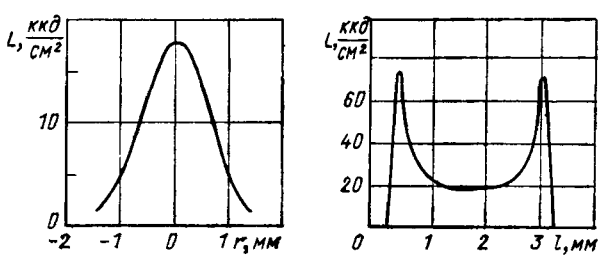


Рис. 4.58. Типичное распределение яркости в лампах ДРШ250 вдоль радиуса разрядного канала (*r*) и по оси (*l*).

ведено тнпичное распределение яркостн ламп тнпа ДРШ переменного тока в направленнн, перпенднкулярном оси разряда. Яркость свечения ламп на переменном токе в центре разряда 150—200 Мкд/м². Яркость вблнзи электродов достигает тысяч Мкд/м², но размеры этих областей весьма малы. В спецнальных лампах с очень малым расстояннем между электродамн (0,3—2 мм) эти области используются для получения весьма высокой яркости (точечный источник высокой яркостн, например, лампы ДРШ-100, ДРШ-200). С увеличением расстояния между электродамн и уменьшеинем мощностн яркость падает (рис. 4.59).

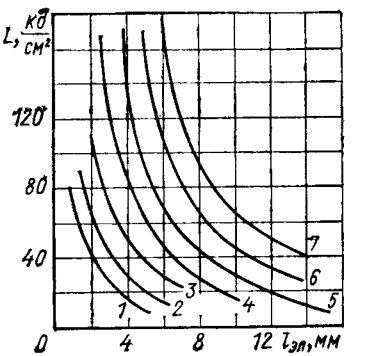


Рис. 4.59. Зависимость яркости в середине шнура разряда от расстояния между электродами $l_{эл}$ для ламп типа ДРШ различной мощности при $U_л = 60 \div 70$ В.

1 — 250; *2* — 500; *3* — 1000; *4* — 2500; *5* — 5000; *6* — 7500; *7* — 10 000 Вт.

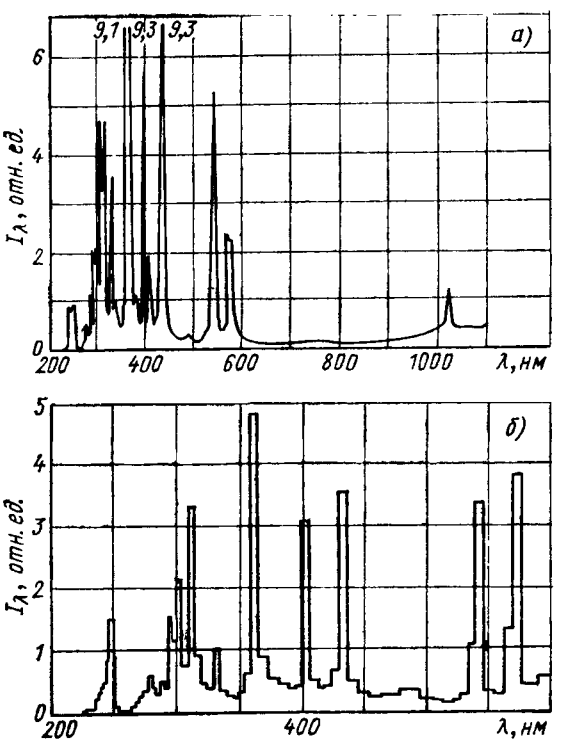


Рис. 4.60. Спектры излучения ламп типа ДРШ. *а* — лампа ДРШ-100-3; *б* — лампы ДРШ250-1000.

Спектр излучения (рис. 4.60) имеет линейчатый характер, но с более интенсивным, чем у РЛВД, непрерывным фоном, благодаря чему красное отношение достигает 4—6 %. Вследствие сильного поглощения излучения в парах ртути излучение с длинами воли короче 280—290 нм практически отсутствует. *Световая отдача* РЛСВД 50—55 лм/Вт. С уменьшением расстояния между электродами она падает из-за увеличения доли околоэлектродных потерь и экранировки электродами.

Лампы включаются в сеть только последовательно с балластом: при работе на переменном токе — с дросселем, при работе на постоянном — с резистором.

Зажигание ламп с двумя электродами (без зажигающего электрода) осуществляется путем подачи на электроды высокочастотных импульсов высокого напряжения. Схемы включения и их параметры см. разд. 6.

Время разгорания составляет 2—5 мин и определяется скоростью испарения ртути. Чем больше начальный ток и меньше теплоотдача в период разгорания, тем меньше время разгорания. При этом пусковой ток не должен превышать допустимых пределов, указываемых в паспорте лампы. После испарения всей ртути давление ее паров доходит до нескольких мегапаскалей, а температура колбы достигает 750—850 °С.

Положение горения лампы выбирается с таким расчетом, чтобы не допустить перегрева электродов или колбы, и должно соответствовать указанному в инструкции по эксплуатации. Большинство ламп рассчитано на вертикальное положение горения. Некоторые типы ламп мощностью до 500 Вт допускают работу в любом положении горения, но при этом снижается их срок службы.

Температура окружающей среды и условия охлаждения существенно влияют на параметры ламп ДРШ. При низких температурах и усиленном охлаждении может происходить конденсация ртути и резкое изменение всех параметров. Повышение температуры за счет излишнего утепления может вызвать опасный перегрев колбы, сопровождающийся кристаллизацией кварца и разрушением колбы, поэтому температурные условия эксплуатации ламп должны строго соблюдаться.

Срок службы (полезный) ламп типа ДРШ составляет несколько сот часов и определяется спадом яркости из-за потемнении колбы и нестабильности положения дуги, вызванной разрушением электродов. Сроки службы и стабильность ламп постоянного тока выше.

Меры предосторожности должны быть приняты для защиты обслуживающего персонала от облучения мощным УФ излучением, а также от горячих осколков кварцевого стекла на случай разрыва колбы (крайне редко). Лампы должны работать в закрытом металлическом кожухе.

Области применения — светолучевые осциллографы с прямой записью на фотобумагу (ДРШ100), фотолитография при производстве полупроводниковых приборов (ДРШ250 и ДРШ500), люминесцентный анализ и люминесцентная микроскопия, проекционные системы и другие случаи, когда требуются источники высокой яркости в видимой области спектра или в ближнем и среднем УФ излученни. Малые размеры ламп позволяют максимально приближать их к оптике, а большой ассортимент — выбирать наиболее подходящий тип для каждого применения.

4.3.4. МЕТАЛЛОГАЛОГЕННЫЕ ЛАМПЫ

Металлогалогенные лампы (МГЛ), появившиеся в начале 60-х годов, открыли новую страницу в развитии ГЛ [30, 32]. Перспективы их использования определяются исключительно широкими возможностями варьирования спектральным распределением излучения от практически одиородного до непрерывного при высоком КПД и высокой удельной мощности. Вместе с тем при разработке МГЛ возник ряд проблем, связанных главным образом с зажиганием и нестабильностью параметров. По мере преодоления этих трудностей МГЛ получают все более широкое применение.

Устройство и принцип действия МГЛ основаны на том, что галогениды многих металлов испаряются легче, чем сами металлы, и не разрушают кварцевое стекло. Поэтому внутрь разрядных колб МГЛ кроме ртути и аргона, как в ртутных ЛВД, дополнительно вводятся различные химические элементы в виде их галоидных соединений (т. е. соединений с I, Br, Cl). После зажигания разряда, когда достигается рабочая температура колбы, галогениды металлов частично переходят в парообразное состояние. Попадая в центральную зону разряда с температурой в несколько тысяч Кельвинов, молекулы галогенидов диссоциируют на галоген и металл. Атомы металла возбуждаются и излучают характерные для них спектры. Диффундируя за пределы разрядного канала и попадая в зону с более низкой температурой вблизи стенок колбы, они воссоединяются в галогениды, которые вновь испаряются. Этот замкнутый цикл обеспечивает два принципиальных преимущества: 1) в разряде создается достаточная концентрация атомов металлов, дающих требуемый спектр излучения, потому что при рабочей температуре кварцевой колбы 800—900 °С давление паров галогенидов многих металлов значительно выше, чем у самих металлов, таких, как таллий, индий, скандий, диспрозий и др.; 2) появляется возможность вводить в разряд щелочные (натрий, литий, цезий) и другие агрессивные металлы (например, кадмий, цинк), которые в чистом виде вызывают весьма быстрое разрушение кварцевого стекла при температурах выше 300—400 °С, а в виде галогенидов не вызывают такого разрушения. Применение галогенидов резко увеличило число химических элементов, используемых для генерации излучения, и позволило создавать МГЛ с весьма различными спектрами, особенно в случае использования смеси галогенидов. Несмотря на относительно малую концентрацию добавляемых металлов по сравнению с концентрацией ртути почти все излучение разряда создается высвечиванием атомов добавок, что объясняется более низкими потенциалами возбуждения этих атомов. Ртутный пар играет роль буфера, обеспечивая высокую температуру в разряде, высокий градиент потенциала, малые тепловые потери и др. [30, 32].

Некоторые металлы дают излучение, состоящее из отдельных спектральных линий, как, например, натрий (589 нм), таллий (535 нм), индий (435 и 410 нм). Другие металлы дают спектры, состоящие из весьма большого числа густо расположенных линий, заполняющих всю видимую область, как, например, скандий, титан, диспрозий и др. Галогениды олова дают непрерывные молекулярные спектры. Характер спектра в сильной мере зависит также от условий разряда, например, индий и некоторые другие металлы при высоком давлении дают непрерывные спектры излучения в широких областях длин волн [30, 32].

Для общего освещения в настоящее время наиболее широкое распространение получили МГЛ со следующими составами металлогалогенных добавок (кроме ртути и зажигающего газа): 1) йодиды натрия, таллия и индия; 2) йодиды натрия, скандия (и тория). На рис. 4.61 приведены спектры излучения МГЛ. Лампы имеют спектр, состоящий из отдельных линий ртути и линий добавок, расположенных в различных областях спектра, благодаря чему удается сочетать высокую световую отдачу с приемлемым качеством цветопередачи (у лампы мощностью 400 Вт $\eta_л \cong 80$ лм/Вт, $R_a \approx 65$). Лампы с йодидами диспрозия и других РЗМ имеют спектр, настолько густо заполненный линиями диспрозия,

что он производит впечатление непрерывного во всей видимой области, благодаря чему достигается весьма высокое качество цветопередачи при высокой световой отдаче (у лампы мощностью 400 Вт $\eta_v = 70 \div 80$ лм/Вт, $R_a \gtrsim 80$). На непрерывном фоне выделяются линии натрия и др. (рис. 4.61). Добавки натрия и таллия повышают световую отдачу и стабилизируют разряд. Лампы с галогенидами олова излучают непрерывный спектр, обеспечивающий отличное качество цветопередачи ($R_a \geqslant 90$), но имеют сравнительно невысокую световую отдачу (50—60 лм/Вт).

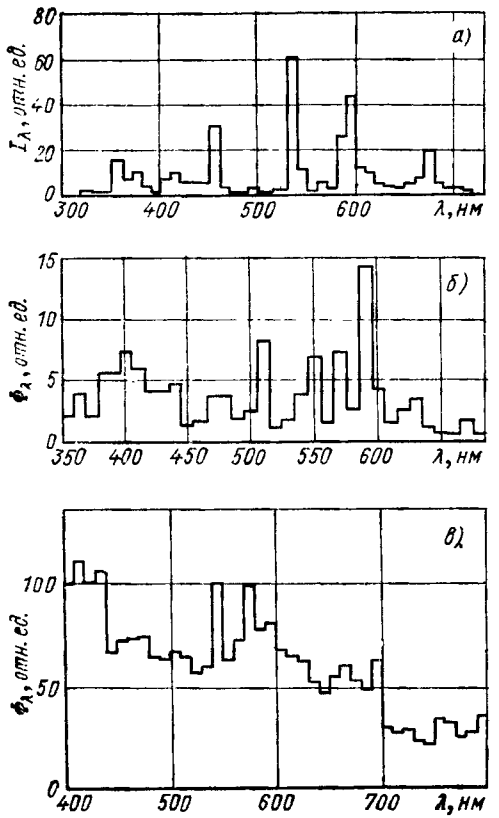


Рис. 4.61. Спектры излучения металлогалогенных ламп с различными излучающими добавками.

а — йодиды Na, Tl, In; *б* — йодиды Na, Sc, Th; *в* — йодиды и бромиды Dy, Ho, Tm.

Для повышения выхода излучения атомов металлов — добавок требуется более высокая рабочая температура колбы, чем у РЛВД или РЛСВД. У большинства МГЛ световая отдача и вообще КПД излучения возрастают с ростом рабочей температуры горелки, но при этом сокращается срок службы за счет более быстрой кристаллизации кварцевого стекла и нежелательных химических реакций с участием галогена[1]. Чтобы обеспечить необходимую температуру, разрядные колбы МГЛ делаются меньшего размера по сравнению с колбами ртутных ламп той же мощности и напряжения. Обычно уменьшается расстояние между электродами и повышается давление паров ртути для сохранения тех же электрических параметров. В МГЛ с добавками йодидов натрия, таллия и индия минимальная температура горелки должна быть на 80—100 °С выше, чем у ДРЛ. В МГЛ с добавками йодидов скандия и натрия вследствие более низкого давления паров йодида скандия минимальная температура горелки должна быть еще выше. Еще более высокая температура горелок необходима, чтобы создать достаточное давление паров йодидов редкоземельных металлов (Dy, Tm, Ho и др.). Соответственно сроки службы МГЛ с добавками редких земель обычно ниже.

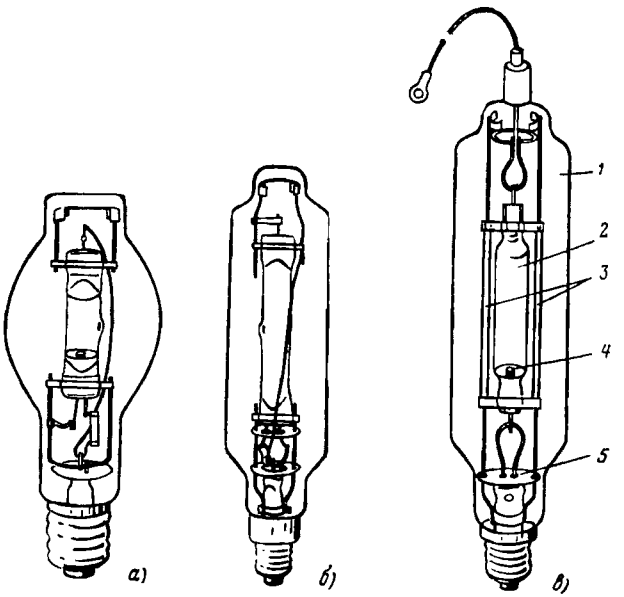


Рис. 4.62. Общий вид осветительных металлогалогенных ламп. *а* — лампа 400 Вт в эллипсоидальной прозрачной колбе; *б* — лампа 2000 Вт в цилиндрической прозрачной колбе; *в* — лампа линейная мгновенного перезажигания для цветного телевидения;

1 — внешняя стеклянная колба; *2* — разрядная трубка; *3* — траверсы из изоляционного материала; *4* — электроды; *5* — экран.

В МГЛ особо важное значение имеет равномерность температуры горелки. Горелкам придают специальную форму, применяют различные способы утепления более холодного нижнего конца. Однако ясно, что из-за конвекции выравнять температуру по поверхности горелки можно только для определенного положения горения. Поэтому часто выпускают лампы нескольких модификаций, каждая из которых рассчитана на определенное положение горения.

Введение йодидов приводит к повышению напряжения зажигания разряда, в результате чего напряжение сети часто оказывается недостаточным даже при наличии зажигающих электродов. В настоящее время большинство МГЛ делается с двумя основными электродами (без зажигающих электродов), а для их зажигания используются специальные зажигающие устройства того или иного типа (см. разд. 6). Горелки с зажигающим электродом при работе располагают так, чтобы электрод находился вверху. Для предотвращения электролиза кварца между основным и зажигающим электродами во внешней колбе ставится биметаллическое реле, которое при работе лампы либо отключает зажигающий электрод, либо соединяет его с основным.

В МГЛ, содержащих йодид натрия, во время горения ионы натрия постепенно диффундируют через квар-

[1] В МГЛ имеют место многочисленные, еще не полностью изученные химические реакции, которые определяют работу МГЛ и их долговечность.

Таблица 4.25. **Основные параметры МГЛ типа ДРИ общего назначения**

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Световой поток, клм	Средняя продолжительность горения, тыс. ч	Диаметр, мм	Полная длина лампы, мм	Высота светового центра, мм	Тип цоколя
С добавками йодидов натрия и скандия, $T_{цв}=4200^{+400}_{-600}$ К и $R_a=55\div60$									
ДРИ250-5	250	130	2,15	19	10	91	227	142±5	E40/45
ДРИ250-6				19	3	60			
ДРИ400-5	400		3,3	35	10	122	290	185±5	
ДРИ400-6				32	3	62			
ДРИ700-5	700		6,0	60	9	152	370	240±5	E40/45
ДРИ700-6				56	3	80	350	220±5	E40/65×50BM
ДРИ1000-5	1000	230	4,7	90	9	176	390	245±5	E40/45
ДРИ1000-6				90	3	80	350	220±5	E40/65×50BM
ДРИ2000-6	2000		9,2	200	2	100	430	255±5	E40/65×50BM
ДРИ3500-6	3500		16,0	350	1,5	100	430	255±5	
ДМЗ-3000[1]	3000	105	15/21	240	1,5	190	470	—	Специальный
С добавками йодидов натрия, таллия, индия, $T_{цв}=5500\pm500$К и $R_a=55\div60$									
ДРИ250	250	125	2,15	18,7	3	91	227	—	E40/45
ДРИ400	400	130	3,4	34,0	6	91	227	—	
ДРИ700	700	120	6,5	59,5	5	122	300	—	E40/55×47
ДРИЗ700[2]				45,0	3	346	222	—	E40/65×50
ДРИЗ700-1[2]				38,0	3	356	253	—	

[1] Трехфазная с тремя основными электродами, работает со специальным ПРА (см. разд. 6), уменьшенная пульсация светового потока.

[2] В зеркализованных колбах, ДРИЗ700 — лампа-светильник; ДРИЗ700-1 с резко концентрированным светораспределением, $I_0=250$ ккд.

Примечание. Лампы предназначены для работы в сетях 220/380 В частотой 50 Гц. В лампах с добавками йодидов натрия и скандия цифры после дефиса обозначают модификацию: 5 — для работы в любом положении с эллипсоидной внешней колбой; максимальная допустимая температура на колбе 480 °С, на цоколе 230 °С; 6 — для работы в горизонтальном положении (±60°) с цилиндрической внешней колбой; максимальная допустимая температура 550 °С.

цевое стекло, оставляя в горелке избыток йода. В результате повышается напряжение зажигания и перезажигания, а также появляется нестабильность разряда [30, 32].

Вследствие более высокой рабочей температуры горелки и протекания различных химических реакций с участием галогенов срок службы МГЛ меньше, а спад светового потока больше, чем у РЛВД. Однако благодаря настойчивым и кропотливым научным исследованиям срок службы МГЛ возрос с 3—4 тыс. ч в 1965 г. до 10 тыс. ч и более в настоящее время. Существенными недостатками МГЛ, особенно с йодидами Na, Tl, In, остаются значительный разброс по цвету между отдельными лампами и сильная зависимость цветовых характеристик от положения горения, напряжения сети, окружающей температуры, типа светильника (температуры лампы) и других причин. Исследования последних лет дают основания предполагать, что будет повышена световая отдача МГЛ до 100—120 лм/Вт и увеличен срок службы.

Классификация МГЛ окончательно еще не установилась. Различаются следующие основные группы ламп по применению: 1) МГЛ общего назначения; 2) трубчатые и шаровые МГЛ с улучшенным качеством цветопередачи (например, для цветных телепередач и киносъемок) и 3) МГЛ для многочисленных специальных применений, в основном технологических (см. разд. 17).

Металлогалогенные лампы общего освещения типа ДРИ [4.20]: Д — дуговая, Р — ртутная, И — с излучающими добавками, число — номинальная мощность в ваттах, цифры после дефиса — номер разработки или модификации. Лампы типа ДРИ по конструкции подобны лампам типа ДРЛ с двухэлектродными горелками. В качестве внешней колбы применяется стандартная внешняя колба ламп ДРЛ без люминофорного покрытия или специальная колба цилиндрической формы (рис. 4.62). Иногда применяют стандартные колбы ДРЛ с люминофорным покрытием, при этом резко снижается яркость светящего тела (например, с 700 до 11 кд/см^2 у МГЛ мощностью 400 Вт), немного увеличивается излучение в оранжево-красной области и соответственно несколько снижается $T_{цв}$. Эти лампы можно использовать в светильниках для ДРЛ в помещениях, где желательна более высококачественная цветопередача.

Основные типы МГЛ и их параметры приведены в табл. 4.25.

Положение горения значительно влияет на параметры ламп ДРИ. Это объясняется тем, что добавка йодида натрия вводится в избытке, поэтому при изменении положения горения меняются положение и тем-

Таблица 4.26. **Основные параметры МГЛ для цветного телевидения**

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Световой поток, клм	Цветовая температура, К	Общий индекс цветопередачи (не менее)	Длина дуги, мм	Полная длина лампы, мм	Диаметр, мм	Номер рисунка
Линейные лампы										
ДРИ400	400	125	3,25	25,2	6000	70	—	330	62	4.62
ДРИ1000-1	1000	125	9,5	70	6000	70	60	405	80	
ДРИ1000-2	1000	125	9,5	65	3400	60	60	405	80	
ДРИ2000-1	2000	230	10,3	155	6000	75	105	485	100	
ДРИ3500-1	3500	220	18,0	300	6000	85	160	485	100	
Шаровые лампы										
ДРИШ575	575	95	7,2	44	6000	85	11	140	21	4.63, *а*
ДРИШ1200	1200	100	13,2	100	6000	85	13	220	27	4.63, *б*
ДРИШ2500	2500	115	26,0	220	6000	80	20	360	30	4.63, *в*
ДРИШ4000	4000	200	23,0	370	6000	80	34	405	38	4.63, *г*

Примечание. Положение горения — горизонтальное ±15°; для лампы типа ДРИШ575 — любое.

пература холодной зоны, а вместе с ней давление паров йодида натрия. Обычно световой поток в горизонтальном положении на 15—18 % ниже, чем в вертикальном; цветовая температура, наоборот, повышается. При изменении положения горения все параметры стабилизируются спустя несколько часов работы. Лампы мощностью больше 1 кВт ввиду тяжелого теплового режима рассчитаны на одно определенное положение горения. Некоторые типы МГЛ выпускаются в нескольких модификациях, каждая из которых рассчитана на одно определенное положение горения, так как при этом удается оптимизировать тепловой режим горелки и повысить световую отдачу и срок службы МГЛ (табл. 4.25).

Температура окружающей среды влияет на параметры МГЛ типа ДРИ так же, как и ДРЛ. При использовании импульсного зажигающего устройства (ИЗУ) для зажигания повышение $U_з$ с понижением $t_{окр}$ не влияет на зажигание, так как ИЗУ дает импульс напряжения с запасом (см. разд. 6).

Напряжение сети $U_с$ оказывает более сильное влияние на характеристики ламп ДРИ, чем ДРЛ. При медленных изменениях $U_с$ в пределах ± (10—15) % и работе со стандартным дросселем световой поток МГЛ меняется в отношении: $\Delta\Phi_v/\Phi_v \approx 2{,}5 \times \Delta U_с/U_с$, мощность $\Delta P_л/P_л \approx 2{,}2 \times \Delta U_с/U_с$. С ростом $U_с$ $T_{цв}$ падает.

Пульсация светового потока в МГЛ типа ДРИ существенно ниже, чем в лампах ДРЛ, и составляет около 30 %. В течение периода несколько меняется цвет излучения, что связано с различной глубиной пульсации излучения разных спектральных линий [32].

Срок службы ламп типа ДРИ обычно ниже, а спад светового потока больше, чем у ДРЛ (табл. 4.26).

Металлогалогенные лампы для цветного телевидения разработаны и выпускаются отечественной промышленностью двух модификаций: 1) линейные (или трубчатые); 2) шаровые (компактные со средней длиной дуги). Лампы сочетают высокую световую отдачу (80 лм/Вт и более) с очень высоким качеством цветопередачи ($R_a \approx 80 \div 90$).

Линейные МГЛ для цветного телевидения типа ДРИ [4.20] содержат горелку трубчатой формы из кварцевого стекла, заключенную во внешнюю цилиндрическую колбу из тугоплавкого стекла. В связи с тем что эти МГЛ предназначены для работы в схемах, обеспечивающих мгновенное перезажигание горячей лампы путем подачи высоковольтного импульса с напряжением около 60 кВ, для исключения пробоя в цоколе или во внешней колбе один электрод выведен на резьбовой цоколь, а противоположный ему — через внешнюю колбу (рис. 4.62, *в*). Горелки кроме ртути и зажигающего газа (аргона) содержат йодиды диспрозия, гольмия, тулия, таллия, натрия и цезия. Внешняя колба наполнена азотом особой чистоты.

Основные типы МГЛ и их параметры приведены в табл. 4.26.

Спектры ламп определяются составом наполнения и приведены на рис. 4.61.

Время разгорания МГЛ 5—10 мин. Срок службы МГЛ для телевидения 400 ч.

Лампы включаются в сеть переменного тока через специальный дроссель. Для зажигания и повторного зажигания горячей МГЛ служит специальный блок мгновенного перезажигания (БМП) (схему и параметры см. разд. 6).

Основная область применения ламп — освещение спортивных сооружений для цветных телепередач и цветных киносъемок. Однако ввиду исключительно хорошего качества цветопередачи и высокой световой отдачи лампы могут применяться также для освещения демонстрационных залов, выставок, ярмарок и других помещений с высокими требованиями к качеству освещения.

Шаровые МГЛ для цветного телевидения типа ДРИШ: Д — дуговая, Р — ртутная, И — с излучающими добавками, Ш — шаровая, число — номинальная мощность в ваттах. Лампа представляет собой толстостенную колбу шаровой, эллипсоидальной или цилиндрической формы из кварцевого стекла, в которую с противоположных сторон впаяны вольфрамовые электроды. Выводы снабжены колпачковыми цоколями: у ламп 575 и 1200 Вт — с зажимами на резьбе, у ламп 2500 и 4000 Вт — без зажимов. Общий вид и размеры ламп показаны на рис. 4.63. Форма колбы и ее размеры выбраны с таким расчетом, чтобы получить требуемый тепловой режим и достаточно равномерное распределение температуры по поверхности. С этой же целью в лампах мощностью 575 Вт на концы колбы нанесен слой утепляющего покрытия. Для уменьшения температуры выводов кварцевые ножки сделаны достаточно длинными; чем больше мощность, тем длиннее ножки. Лампы наполнены кроме ртути и зажигающего газа (аргона) йодидами и бромидами диспрозия, гольмия, цезия (тулия — у ламп мощностью 2500 и 4000 Вт). Бромиды обеспечивают очистку колбы от распыляющегося вольфрама и таким образом повышают срок службы. Цезий стабилизирует разряд.

Основные типы ламп и их параметры приведены в табл. 4.26.

Спектр ламп дан на рис. 4.61, *в*. В зависимости от

мощности лампы в видимой области излучается от 44 до 48 % потребляемой мощности, в ИК области 42—40 % (излучение нагретой колбы и разряда), конвекция и теплопроводность — около 3 %, остальное — в УФ, начиная с 220 нм, но главным образом в области около 350 нм. Распределения яркости и силы света приведены на рис. 4.64, *а*, *б*. Координаты цветности для всех ламп типа ДРИШ: $x \approx 0{,}32$; $y \approx 0{,}32$ с точностью ± 0,01. *Время разгорания* в зависимости от мощности

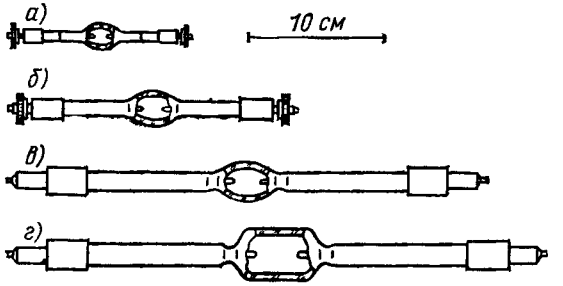


Рис. 4.63. Общий вид ламп типа ДРИШ для цветного телевидения.

а — ДРИШ 575; *б* — ДРИШ 1200; *в* — ДРИШ 2500; *г* — ДРИШ 4000.

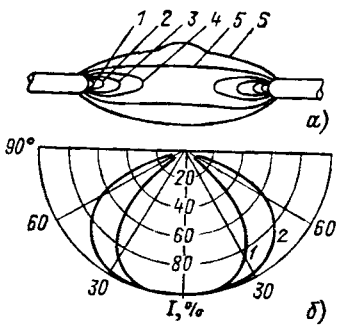


Рис. 4.64. Характеристики излучения ламп типа ДРИШ.

а — распределение яркости для лампы ДРИШ 1200 (*1* — 400 Мкд/м², *2* — 300, *3* — 200, *4* — 150, *5* — 100, *6* — 50 Мкд/м²); *б* — нормализованные кривые силы света ламп ДРИШ (*1* — 575 Вт; *2* — 1200—4000 Вт).

30—60 с, в течение которых достигается 0,8 $\Phi_{ном}$, а через 2—3 мин характеристики полностью стабилизируются. При повторном зажигании горячей лампы время разгорания значительно сокращается. *Глубина пульсаций светового потока* на частоте 50 Гц составляет около 75 % для ламп 575 Вт и уменьшается с ростом мощности. Температура окружающей среды и условия охлаждения оказывают влияние на режим работы ламп. С ростом температуры лампы $T_{цв}$ падает, и наоборот. Для того чтобы уменьшить влияние теплового режима светильника на $T_{цв}$, минимальное расстояние между колбой и рефлектором должно быть не менее (1—1,5) $d_{колбы}$. Нормируемый срок службы ламп в среднем равен 200 ч и определяется снижением $T_{цв}$ до 5500 К. Фактический срок службы выше. Спад светового потока благодаря действию бромно-вольфрамового регенеративного цикла составляет не более 10—20 % за время горения. Лампы включаются в сеть переменного тока через специальный дроссель. Для зажигания и мгновенного перезажигания горячей лампы служит специальный блок мгновенного перезажигания (БМП). Схемы и параметры см. разд. 6.

Особенности эксплуатации ламп типа ДРИШ заключаются: 1) в возможности мгновенного перезажигания в горячем состоянии путем использования БМП, 2) в необходимости соблюдать чистоту кварцевой колбы. Установку и смену ламп следует производить в хлопчатобумажных перчатках, а после установки открытую часть лампы протереть чистой тканью, увлажненной чистым спиртом. Во избежание ожогов глаз и лица УФ излучением лампы должны работать только в закрытых световых приборах с защитными стеклами. Температура кварцевой колбы во время работы достигает 900 °С. Рабочая температура цоколей не должна превышать 250 °С.

Основные области применения ДРИШ в закрытых светильниках и прожекторах — для освещения телестудий и объектов выездных цветных телепередач. Лампы ДРИШ с успехом могут применяться и в других светотехнических установках, например в театре, цирке, эстраде; в проекции крупноформатных диапозитивов, в эпископах, поисковых прожекторах спасательных служб.

4.3.5. НАТРИЕВЫЕ ЛАМПЫ

Натриевые лампы являются одной из самых эффективных групп источников видимого излучения: они обладают самой высокой световой отдачей среди всех известных ГЛ и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы [30, 4.22, 4.23]. Поэтому натриевые лампы, в первую очередь высокого давления, все шире применяются для экономичного освещения, особенно наружного. Недостатком этих ламп является низкое качество цветопередачи.

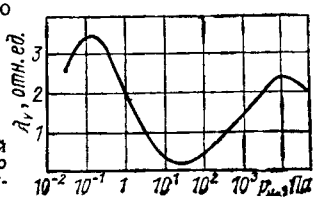


Рис. 4.65. Зависимость световой отдачи излучения натриевого разряда от давления паров натрия.

Принцип действия натриевых ламп основан на использовании резонансного излучения D-линий натрия (589 и 589, 6 нм). По рабочему давлению натрия выделяют два типа натриевых ламп — низкого и высокого давления (НЛНД и НЛВД). Кривая зависимости световой отдачи излучения натриевого разряда от давления паров натрия имеет два максимума (рис. 4.65). Область первого максимума соответствует давлению около 0,2 Па и достигается при температуре жидкой фазы 270—300 °С, именно при этих давлениях и плотностях тока 0,1—0,5 А/см² работают созданные еще в 30-х годах НЛНД. Второй максимум световой отдачи достигается в НЛВД при давлении около 10 кПа. Это давление имеют насыщенные пары натрия при температуре 650—750 °С. Создание НЛВД стало возможным только в 60-х годах, после получения и освоения технологии производства светопропускающего высокотемпературного материала для разрядной трубки, устойчивого к длительному воздействию агрессивных паров натрия при 1300—1400 °С и представляющего собой керамику на основе поликристаллической окиси алюминия.

Натриевые лампы низкого давления [28, 30] являются чрезвычайно эффективным источником почти однородного видимого излучения, так как КПД разряда при низком давлении для резонансного излучения всегда бывает высоким, а резонансные линии натрия лежат в области, близкой к максимальной чувствительности глаза ($V_\lambda \approx 0{,}77$). В экспериментальных НЛНД с оптимальными плотностью тока и диаметром трубки и при повышенной температуре окружающей среды удавалось получать КПД 50—60 %, что соответствует световой отдаче 300—400 лм/Вт. При практической реализации эффективной НЛНД для обеспечения темпе-

Таблица 4.27. **Основные параметры натриевых ламп низкого давления**

Параметр	ДНаО85	ДНаО140
Мощность, Вт	85	140
Напряжение, В	115	190
Ток, А	0,74	0,95
Световая отдача, лм/Вт	80	70
Средняя продолжительность горения, ч	2000	2000
Габаритные размеры, мм:		
диаметр	38	75
длина	550	560
Тип цоколя	G13d/35	B15d
Тип разрядной трубки	Прямая желобковая	U-образная

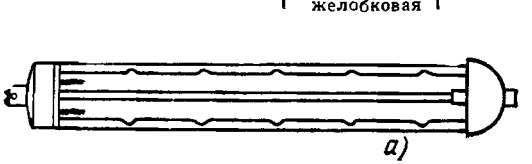


Рис. 4.66 Общий вид натриевых ламп низкого давления.

а — с U-образной разрядной трубкой; *б* — с прямой желобковой разрядной трубкой.

ратуры стенки 290 °С, соответствующей оптимальному давлению паров натрия, необходимо увеличивать тепловую нагрузку, отходя от оптимального тока и диаметра, и улучшать теплоизоляцию разрядной трубки. Для этого разрядную трубку помещают в стеклянную вакуумную теплоизолирующую рубашку, придают ей U-образную форму, на внутреннюю стенку внешней колбы иногда наносят селективно отражающие тепловые фильтры из SnO_2 или In_2O_3. Фильтр отражает ИК излучение на разрядную трубку и пропускает желтое резонансное излучение [30]. Для зажигания и развития разряда в трубку вводят неон при давлении 1—1,5 кПа с добавкой 0,5—1 % аргона (смесь Пеннинга) для снижения напряжения зажигания. Натрий в лампу вводится в избытке.

Разрядная трубка НЛНД имеет диаметр 15—25 мм и изготавливается из специальных сортов стекол, устойчивых к воздействию разряда в парах натрия. Наиболее распространены трубки из накладного стекла, внутри которых на химически стойкое известково-натриевое стекло нанесено покрытие толщиной в десятки микрон из боратного стекла, особо устойчивого к воздействию паров натрия. Для повышения эффективности разряда используются трубки некруглого поперечного сечения. Для предотвращения миграции паров натрия вдоль разрядной трубки круглого сечения на ее поверхности делают небольшие выпуклости, равномерно распределенные по длине трубки [30].

Электроды НЛНД представляют собой самокалящиеся оксидные триспиральные катоды в форме бифиляра или подобные применяемым в ЛЛ (см. п. 4.3.1).

Основные типы осветительных НЛНД и их параметры приведены в табл. 4.27, внешний вид — на рис. 4.66.

Для зажигания НЛНД необходимо напряжение 450—500 В, поэтому их включают в сеть через повышающие автотрансформаторы с рассеянием (см. разд. 6).

Время разгорания НЛНД составляет 10—15 мин. Из-за почти полной безынерционности натриевого разряда его электрические и световые характеристики меняются вслед за мгновенными изменениями напряжения сети и пульсации светового потока приближаются к 100 %.

Спектр излучения НЛНД и КСС для U-образной лампы приведены на рис. 4.67, *а* и 4.68.

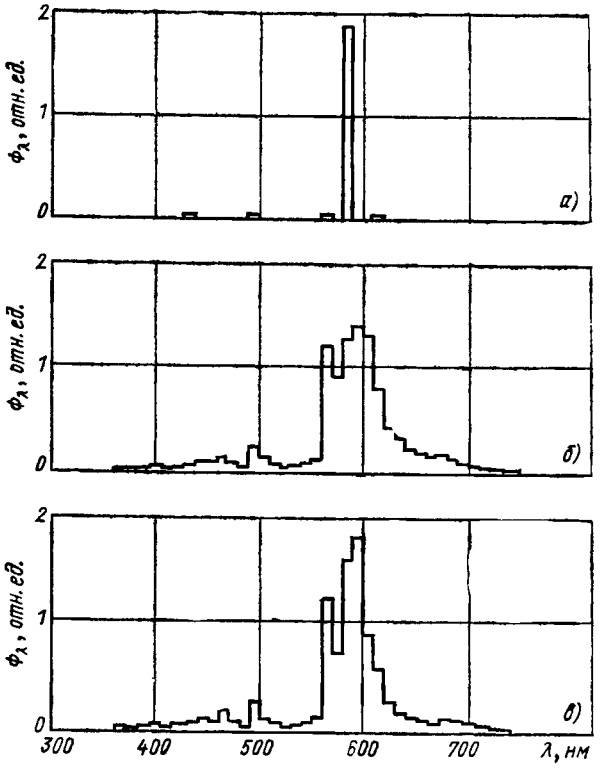


Рис. 4.67. Спектральное распределение излучения натриевых ламп.

а — НЛНД; *б* — НЛВД мощностью 250 Вт и менее; *в* — НЛВД мощностью 400—1000 Вт.

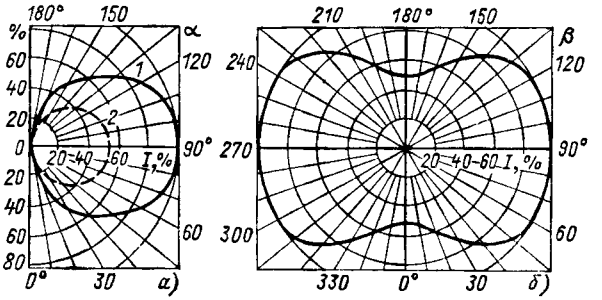


Рис. 4.68. Кривые силы света U-образной лампы в различных плоскостях.

а — вертикальная плоскость (*1* — при β=90°; *2* — при β=0°); *б* — горизонтальная плоскость.

Температура окружающего воздуха слабо влияет на параметры НЛНД. Они работают как в открытых, так и в закрытых светильниках. Температура внешней колбы и цоколя не должна превышать 150 °С. Положение горения — горизонтальное ±15°.

Области применения НЛНД — освещение автострад, туннелей, перекрестков, складов и товарных

стаций, промышленных объектов; архитектурное и декоративное освещение. Благодаря желтому монохроматическому свету, обеспечивающему превосходную видимость и разрешающую способность глаза при низких уровнях освещенности и хорошее прохождение излучения в тумане, НЛНД находят применение в светосигнальных установках. Для общего освещения не применяются из-за сильного искажения цвета объектов.

Натриевые лампы высокого давления [4.22, 4.23] содержат смесь паров натрия, ртути при высоком давлении и зажигающий газ — ксенон. Натрий, имеющий наиболее низкие потенциалы возбуждения и ионизации,

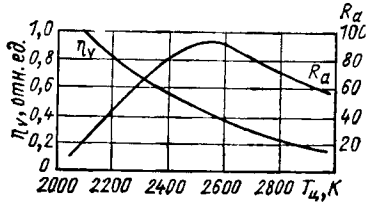


Рис. 4.69. Зависимость световой отдачи, индекса цветопередачи от цветовой температуры излучения натриевого разряда высокого давления.

является основным рабочим веществом (дает излучение, электроны и ионы); ртуть вводится в качестве буферного газа для повышения температуры разряда, градиента потенциала в столбе разряда и для снижения тепловых потерь; вклад в излучение ртуть практически не дает. Рабочее давление паров натрия 4—14 кПа, соотношение парциальных давлений паров натрия и ртути от 1 : 10 до 1 : 20. Ксенон вводится при холодном давлении 2,6 кПа. Он повышает световую отдачу за счет снижения теплопроводности плазмы. Напряжение зажигания ламп с ксеноном 2—4 кВ. Для уменьшения напряжения зажигания иногда используют смесь Ne+0,5 % Ar в качестве стартового газа, но с ней на 25 % снижается световая отдача лампы.

Спектр излучения НЛВД содержит сильно уширенные D-линии натрия с сильным самообращением, а также интенсивные линии в сине-зеленой части спектра (рис. 4.67, *б*, *в*). Цвет излучения имеет приятный золотисто-белый оттенок, $T_{цв}=2100$ К, координаты цветности $x=0{,}510$; $y=0{,}410$; $R_a\approx 23$ (специальные индексы $R_9=-186$, $R_{10}=45{,}8$, $R_{11}=-30$, $R_{12}=31{,}6$, $R_{13}=22{,}4$, $R_{14}=70{,}7$). Цветовая температура может быть повышена за счет увеличения давления паров натрия, но при этом неизбежно происходит заметное снижение световой отдачи (рис. 4.69).

Баланс мощности НЛВД: потери на электродах 6 %, видимое излучение 30 %, УФ и ИК излучение 20 %, тепловые потери в столбе разряда 44 %. В желто-оранжевой области (560—610 нм) сосредоточено 70 % видимого излучения. Натриевые лампы высокого давления используют разряд в насыщенных парах натрия и ртути над амальгамой. Поэтому наблюдается резкая зависимость оптических и электрических характеристик от температуры холодной зоны разрядной трубки, расположенной, как правило, в откачном штенгеле. С ростом тока и уменьшением диаметра трубки световая отдача возрастает, вместе с тем при постоянстве нагрузки на единицу поверхности трубки увеличение ее диаметра приводит к благоприятному повышению $T_{цв}$.

Устройство НЛВД [4.22] — цилиндрическая разрядная трубка, смонтированная в вакуумированной внешней колбе (рис. 4.70). Силикатные стекла непригодны для изготовления разрядной трубки НЛВД, поскольку при высокой температуре натрий взаимодействует с окисью кремния и дает устойчивые силикатные соединения, вызывающие почернение и разрушение трубки практически после нескольких минут работы лампы. Разрядная трубка НЛВД изготавливается из особо чистой окиси алюминия в виде диффузионопропускающей свет поликристаллической керамики (материал поликор или люкор) либо в виде прозрачного трубчатого монокристалла (материал лейкосапфир). Эти материалы устойчивы к длительному воздействию паров натрия при температуре до 1600 °С, вакуумно-плотные и механически прочные, имеют общий коэффициент пропускания видимого излучения 90—95 %. В зависимости от мощности лампы трубки имеют внешний диаметр от 5 до

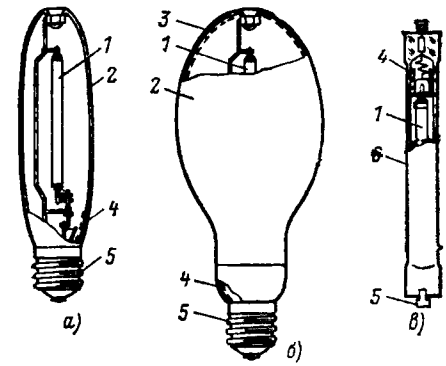


Рис. 4.70. Общий вид натриевых ламп высокого давления.

а — в прозрачной колбе, тип ДНаТ; *б* — в светорассеивающей колбе, тип ДНаТМт; *в* — в софитном исполнении, тип ДНаТСф; *1* — разрядная трубка; *2* — стеклянная внешняя колба; *3* — светорассеивающее покрытие; *4* — бариевый газопоглотитель; *5* — цоколь; *6* — кварцевая внешняя колба.

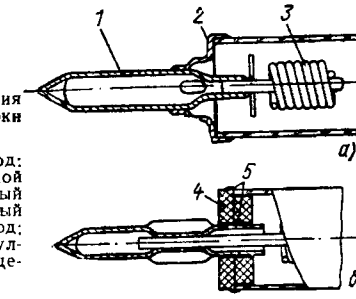


Рис. 4.71. Конструкция ввода разрядной трубки НЛВД.

а — колпачковый ввод; *б* — ввод с керамической втулкой; *1* — ниобиевый штенгель; *2* — ниобиевый колпачок; *3* — электрод; *4* — керамическая втулка; *5* — пайка стеклоцементом.

12 мм и толщину стенки 0,5—1,0 мм. В качестве материала ввода обычно используется ниобий — тугоплавкий и химически стойкий металл с температурным коэффициентом расширения наиболее близким к керамике. Пайка ввода к оболочке разрядной трубки осуществляется при помощи специальных высокотемпературных стеклоцементов при 1400—1500 °С. Конструктивно вводы могут быть выполнены в виде ниобиевых колпачков, в которые впаяна ниобиевая трубка, служащая одновременно откачным штенгелем, держателем электрода и внешним выводом разрядной трубки (рис. 4.71, *а*). Другой вариант — керамическая втулка или вкладыш с впаянным ниобиевым штенгелем (рис. 4.71, *б*). Натрий и ртуть вводятся в НЛВД в виде амальгамы с атомным содержанием натрия 65—75 %. Разрядная трубка смонтирована внутри внешней колбы, изготовленной либо из стекла вольфрамовой группы (лампы с цилиндрической и эллиптической внешней колбой и резьбовым цоколем типа Е40), либо из кварца (лампы софитного двухцокольного исполнения). Внешняя колба вакуумирована, давление в колбе не выше 0,01 Па поддерживается в течение всего срока службы при помощи газопоглотителя.

Таблица 4.28. Основные параметры НЛВД [4.23]

Тип лампы	Электрические параметры				Световые параметры		Срок службы, тыс. ч	Диаметр колбы, мм	Полная длина лампы, мм	Высота светового центра, мм	Разрядная трубка		Положение горения	Тип цоколя
	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Напряжение на лампе, А	Рабочий ток, А	Световой поток, клм	Осевая яркость, кд/см²					Внешний диаметр, мм	Длина светящейся части, мм		
ДНаТ250	250	220	100	3,0	25	400	10	58	240	160	8,9	75	ЦВ или ЦН±90°	E40
ДНаТ400	400	220	100	4,7	47	660	15	58	240	160	8,9	85	То же	E40

Обозначения: ЦВ — цоколь вверх, ЦН — цоколь вниз.

Зажигание НЛВД осуществляется специальным устройством, подающим на лампу высоковольтный высокочастотный импульс 2,5—4 кВ. Время разгорания лампы составляет 5—7 мин и определяется скоростью нагрева лампы и испарения натрия и ртути; по мере разгорания спектр излучения меняется от монохроматичного желтого до нормального уширенного спектра, соответствующего установившимся рабочим параметрам. Время повторного зажигания погасшей лампы определяется временем остывания разрядной трубки до температуры, при которой подаваемые импульсы напряжения достаточны для повторного зажигания разряда, и составляет 2—3 мин. Схему включения см. разд. 6.

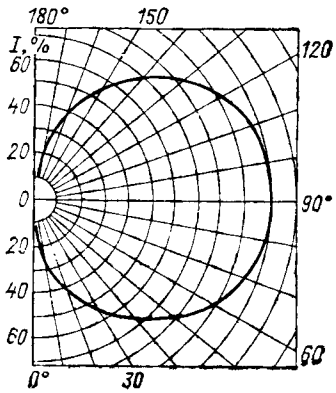


Рис. 4.72. Кривая силы света лампы типа ДНаТ400.

Положение горения НЛВД с резьбовым цоколем должно соответствовать маркировке на колбе лампы: «цоколем вверх» или «цоколем вниз» с допустимым отклонением ±90°. Эксплуатация НЛВД не в соответствии с маркировкой приводит к повышению температуры холодной точки разрядной трубки (из-за того, что штенгель оказывается вверху), к росту напряжения на лампе и преждевременному выходу ее из строя.

Температура окружающей среды слабо влияет на характеристики НЛВД, и они могут работать при температуре окружающей среды от —60 до +40 °С. Перегрев НЛВД в светильнике недопустим, максимальная допустимая температура стеклянной внешней колбы 350—400 °С, а цоколя 200 °С [4.23]. Конструкция светильника должна исключать возможность попадания отраженного излучения на разрядную трубку.

Срок службы НЛВД ограничивается главным образом постепенным ростом напряжения (на 1—5 В за каждую 1000 ч горения), который связан с малым количеством натрия в разрядной трубке и его «жестчением», а также с утеплением разрядной трубки за счет почернения приэлектродных концов. Другая причина выхода НЛВД из строя — разрушение металлокерамических вводов. При непрерывном горении НЛВД имеют срок службы на 30 % больше, чем при циклическом (10-часовом). Лампы отличает высокая стабильность светового потока в течение срока службы, спад потока не более 15—20 % за 10 тыс. ч горения.

Основные типы НЛВД и их параметры приведены в табл. 4.28. В мировой практике лампы существуют в трех осиовных модификациях: в цилиндрической или эллипсоидной прозрачной внешней колбе (тип ДНаТ); во внешней колбе от ДРЛ с внутренним светорассеивающим покрытием, которое служит для увеличения размеров светящего тела, что важно при использовании ламп в светильниках для ламп ДРЛ (тип ДНаТМт); в кварцевой трубчатой внешней колбе, софитного типа с двумя цоколями (тип ДНаТСф), эти лампы предназначены для установки в прожекторах заливающего света вместо трубчатых галогенных ЛН.

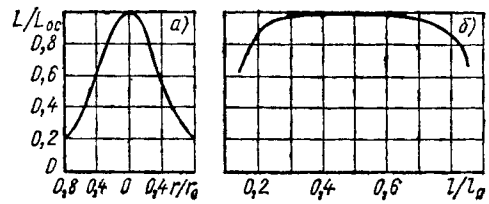


Рис. 4.73. Кривая распределения яркости для лампы ДНаТ400. *а* — в поперечной плоскости; *б* — в продольной плоскости.

В нашей стране серийно выпускаются только лампы в цилиндрической прозрачной колбе. Кривые силы света и распределения яркости по светящемуся телу для ламп типа ДНаТ приведены на рис. 4.72 и 4.73. Распределение яркости характеризуется большой неравномерностью, особенно для ламп с разрядными трубками из монокристалла Al_2O_3. Кривые силы света являются почти косинусными, небольшое различие в световых потоках в верхнюю и нижнюю полусферы (49 и 51 %) связано с экранирующим действием цоколя и зеркала распыленного геттера.

Спектр излучения ламп большой и малой мощности несколько отличается из-за более высокого давления паров натрия в лампах малой мощности (см. рис. 4.67, *б*, *в*).

Электрические параметры. Начальное напряжение горения НЛВД на 25—30 % меньше, чем у РЛВД типа ДРЛ и МГЛ типа ДРИ той же мощности. Это связано с тем, что пик напряжения перезажигания у НЛВД заметно выше и напряжение повышается со временем горения (на 25—30 % к концу срока службы), поэтому для стандартных НЛВД нельзя применять балласты от ДРЛ. Для непосредственной замены ДРЛ на лампы типа ДНаТ, в светильнике следует использовать специально для этого предназначенные НЛВД с увеличенным напряжением на лампе и меньшим рабочим током, чем у стандартных ламп типа ДНаТ. Напряжение зажигания у них должно быть ниже напряжения сети.

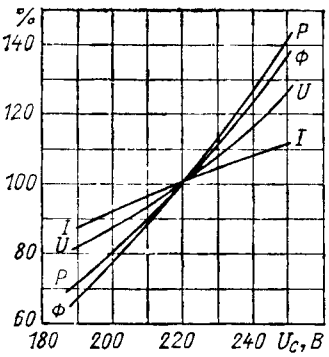


Рис. 4.74. Зависимость мощности P, светового потока Ф, напряжения на лампе U, тока I от напряжения сети.

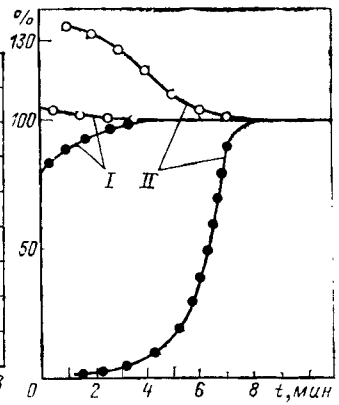


Рис. 4.75. Характеристики разгорания ксеноновых ламп высокой интенсивности.

I — ксеноновая лампа; II — ртутная ЛВД (для сравнения); ● — сила света; О — ток.

Напряжение сети довольно сильно влияет на световые и электрические параметры НЛВД (рис. 4.74). Работа на переменном токе частотой 50 Гц сопровождается значительными пульсациями светового потока — около 70 %.

Области применения НЛВД — наружное, а также внутреннее освещение. Типичные объекты — улицы, площади, скоростные магистрали, транспортные пересечения, протяженные туннели, большие открытые пространства — спортивные сооружения, аэродромы, строительные площадки, контейнерные площадки на железнодорожных станциях, открытые и закрытые склады, высокопролетные производственные помещения, архитектурные сооружения, некоторые общественные здания с кратковременным пребыванием людей (вокзалы, аэропорты и т. п.). Значительное улучшение качества цветопередачи и более приятное зрительное впечатление можно получить путем сочетания в осветительной установке НЛВД с другими эффективными источниками, дающими преимущественное излучение в сине-зеленой части спектра, например с РЛВД.

Несмотря на то что цена НЛВД в 7—10 раз превышает цены РЛВД типа ДРЛ и МГЛ типа ДРИ, их применение дает заметную экономию капитальных и эксплуатационных затрат как для проектируемых новых осветительных установок, так и для реконструируемых существующих.

Перспективы развития НЛВД — улучшение световых параметров и повышение надежности за счет совершенствования конструкции и технологии производства, расширение номенклатуры ламп за счет ряда мощностей (особенно малых) и выпуска ламп для непосредственной замены **ДРЛ**, снижение цены ламп, упрощение условий их зажигания, улучшение цветности излучения.

4.3.6. КСЕНОНОВЫЕ ЛАМПЫ

В ксеноновых лампах используется разряд в ксеноне при высоком и сверхвысоком давлении и плотности тока, составляющей десятки и сотни А/см² [28]. Разряд этого типа имеет ряд характерных особенностей: 1) непрерывность спектра излучения в пределах от 200 нм до 1,5—2 мкм. В видимой области спектр близок к солнечному с $T_{цв}=6100\div6300$ К и обеспечивает высококачественную цветопередачу: $R_a=95\div98$; $x=0{,}33$; $y=0{,}33$. В близкой ИК области (0,8—1,0 мкм) имеется несколько интенсивных спектральных линий; 2) возрастающая вольт-амперная характеристика в диапазоне больших токов [28]. Это дает возможность стабилизировать разряд малым балластом, а длинные трубчатые лампы включать в сеть даже без балласта; 3) отсутствие периода разгорания (рис. 4.75); 4) высокое напряжение зажигания, обусловленное тем, что в момент зажигания давление газа в лампе далеко от минимума по кривой Пашена; лампы требуют сложной схемы поджига; 5) независимость параметров ламп от рабочей температуры колбы и от $t_{окр}$, способность работать при низких температурах (до —50 °С) без изменения параметров; 6) большой разрядный ток, обусловленный низким значением градиента потенциала в ксеноне, примерно в 3—4 раза меньшим, чем в парах ртути; вследствие этого электроды и вводы приходится делать более массивными; 7) подверженность действию конвекции и внешних магнитных полей, что необходимо учитывать при конструировании и эксплуатации ламп.

Классификация ламп основана на конструктивных признаках: 1) трубчатые ГЛВД с естественным и водяным охлаждением и 2) ЛСВД с короткой дугой с естественным и принудительным (воздушным или водяным) охлаждением. Помимо этого имеются еще специальные типы ламп, например металлические разборные лампы-светильники большой мощности, безэлектродные лампы и др.

Маркировка ламп: Д — дуговая, Кс — ксеноновая, Т — трубчатая, Ш — шаровая, РБ — разборная, М — металлическая, Э — эритемная, В — с водяным охлаждением. Цифры соответствуют мощности в ваттах, цифра через дефис — порядковый номер разработки.

Трубчатые лампы типа ДКсТ представляют собой мощный источник оптического излучения в близкой УФ, видимой и близкой ИК областях спектра.

Устройство лампы — трубка из кварцевого стекла, по концам которой впаяны вольфрамовые активированные электроды. В лампах типа ДКсТВ с водяным охлаждением горелка помещается соосно в стеклянный цилиндр со специальными фланцами и патрубками (рис. 4.76). В зазоре между горелкой и внешним цилиндром циркулирует дистиллированная вода. За счет водяного охлаждения лампы ДКсТВ при одинаковой мощности имеют меньшие габариты и бо́льшую световую отдачу, чем лампы ДКсТ.

Основные типы трубчатых ламп и их параметры приведены в табл. 4.29.

На рис. 4.77 приведен спектр излучения и кривые силы света в продольной плоскости. Коэффициент пульсации светового потока 130 %. Яркость свечения распределена резко неравномерно: при небольшой удельной мощности шнур разряда занимает лишь среднюю часть трубки. По мере повышения удельной мощности шнур расширяется, яркость возрастает. Так, у ламп ДКсТ6000 $L\approx1{,}5\cdot10^6$ кд/м², а у ламп типа ДКсТВ6000 — около $30\cdot10^6$ кд/м².

Световая отдача возрастает с ростом удельной мощности, стремясь к пределу около 45—48 лм/Вт. У ламп с естественным охлаждением $\eta_v=20\div29$ лм/Вт, у ламп с водяным охлаждением $\eta_v=35\div45$ лм/Вт. При изменении тока и давления ксенона относительное спектральное распределение излучения в видимой части спектра меняется незначительно.

Температура колбы ламп типа ДКсТ $t_к$ определяется удельной мощностью лампы и условиями охлаждения. Нормально $t_к=750\div800$ °С. С ростом $t_к$ выше предельной срок службы из-за кристаллизации кварца быстро падает.

Напряжение сети сильно влияет на мощность и световой поток ламп, работающих без балласта: $\Delta P_л/P_л=3{,}5(\Delta U_c/U_c)$. При повышении напряжения наблюдается сильный перегрев лампы и сокращается срок служ-

Таблица 4.29. Основные параметры ксеноновых трубчатых ламп (рис. 4.76)

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Световой поток, клм	Внутренний диаметр трубки, мм	Расстояние между электродами, мм	Полная длина лампы, мм	Средняя продолжительность горения, ч	Положение горения	Примечание
ДКсТ2000	2000	40	49	35,7	24	140	356	300	Любое	С балластом
ДКсТБ2000	2000	60	32	40,5	18	170	376	500	»	
ДКсТ5000	5000	110	44	97,6	22	430	646	300	»	С балластом
ДКсТ10000	10 000	220	46	250	21	950	1260	800	Горизонтальное ±30°	Без балласта
ДКсТ20000	20 000	380	56	694,4	21	1680	1990	800	То же	Без балласта
ДКсТ50000	50 000	380	132	2230	38	2100	2700	500	» »	
ДКсТВ3000	3000	90	30	81,2	4	50	285	100	Любое	Постоянного тока, с балластом
ДКсТВ5000	5000	150	30	139	4	80	315	100	»	То же
ДКсТВ6000	6000	220	30	211	7	260	478		»	Без балласта
ДКсТВ8000	8000	240	30	232	4	140	375	800	»	Постоянного тока
ДКсТВ15000	15 000	220	68	592	7	200	460	—	»	Без балласта
ДКсТВ50000	50 000	380	132	2088	12	520	935	—	—	То же

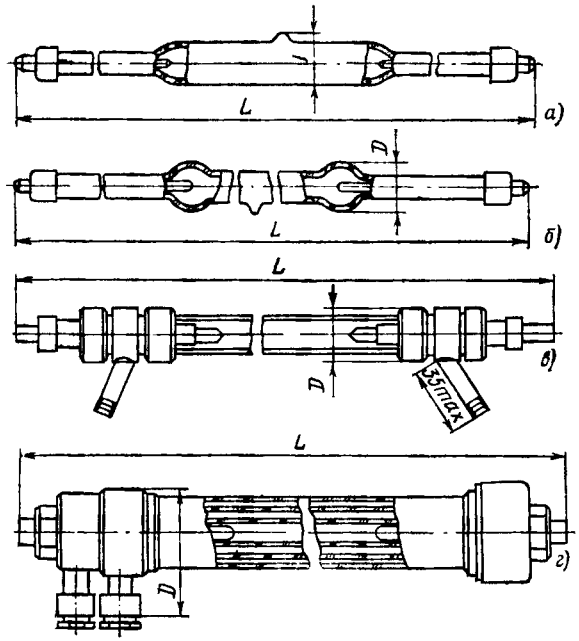
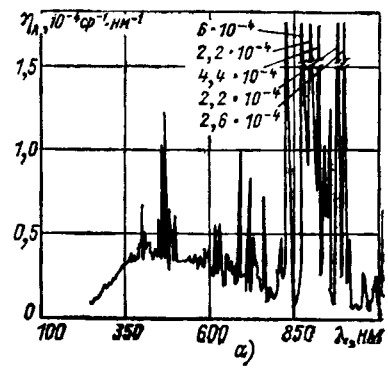


Рис. 4.76. Общий вид ксеноновых трубчатых ламп высокой интенсивности.

а — лампы типа ДКсТБ2000, ДКсТ2000, ДКсТ5000; *б* — ДКсТ10000, ДКсТ20000, ДКсТ50000; *в* — ДКсТВ6000, ДКсТВ15000; *г* — ДКсТВ50000.

Шаровые ксеноновые лампы типа ДКсШ являются источниками высокой яркости с компактным светящим телом. Они дают в видимой области непрерывный спектр излучения, близкий к солнечному, практически не имеют периода разгорания (см. рис. 4.75) и работают, как правило, на постоянном токе.

Устройство ламп ДКсШ — кварцевая толстостенная колба, близкая по форме к сфере или эллипсоиду вращения, в которую с противоположных сторон введены два вольфрамовых электрода — массивный аиод и более



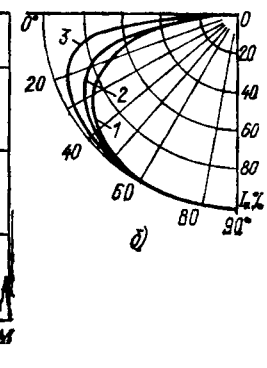


Рис. 4.77. Характеристики излучения ксеноновой трубчатой лампы высокой интенсивности (ДКсТ10000).

а — спектральное распределение КПД в единичном телесном угле; *б* — КСС в продольной плоскости (*1* — ДКсТВ15000; *2* — ДКсТВ6000; *3* — ДКсТ10000).

бы. (Многие зарубежные фирмы предпочитают делать лампы с небольшим балластом, незначительно теряя в световой отдаче и выигрывая в сроке службы.)

Включение ламп, рассчитанных на работу без балласта, производится непосредственно в сеть 220 или 380 В с частотой 50 Гц. Для зажигания ксеноновых ламп (как безбалластных, так и балластных) применяются специальные зажигающие устройства, дающие высоковольтный, до 50 кВ, импульс высокой частоты (см. разд. 6).

Основные области применения — освещение больших открытых пространств, архитектурных сооружений, теплиц. В связи с освоением производства мощных линейных ГЛН (5, 10, 20 кВт) и МГЛ (1—3,5 кВт) экономически целесообразные области применения ламп ДКсТ должны быть пересмотрены.

тонкий катод. Расстояние между электродами обычно несколько миллиметров; у специальных типов ламп его уменьшают до 0,5—2 мм или увеличивают до 10—12 мм. Холодное давление ксенона 0,3—1,2 МПа. Впаи электродов — фольговые или на переходных стеклах [28, 4.24].

Мощные лампы типа ДКсШРБ имеют разборную конструкцию электродов и вводов, обеспечивающую водяное охлаждение электродов изнутри. В этих лампах практически нет ограничения по току, в них обеспечивается отвод теплоты от анода, достигающий 25—40 % мощности лампы, в 3 раза снижена тепловая нагрузка на колбу по сравнению с нагрузкой в обычных лампах ДКсШ той же мощности. В результате лампы ДКсШРБ имеют значительно меньшие размеры (см. рис. 4.78), более прочны. К их достоинствам относятся также

Таблица 4.30. **Основные параметры ксеноновых ламп с короткой дугой (рис. 4.78)**

Тип лампы	Напряжение питания (минимальное), В	Напряжение на лампе, В	Световой поток, клм	Яркость в центре разряда, Мкд/м²	Расстояние между электродами, мм	Внешний диаметр колбы, мм	Полная длина лампы (наибольшая), мм	Высота светового центра, мм	Скорость воздушного охлаждения, м/с	Средняя продолжительность горения, ч
ДКсШ200	70	20	3	90	2,2	26	149		0	500
ДКсШ200-2	70	18	3		2,2	26	149		0	500
ДКсШ300	70	20	6		2,2	26	149		0	750
ДКсШ500	50	20	12	200	2,5	31	200		3	400
ДКсШ1000-2	50	22	30	250	3,4	43	260		3	750
ДКсШ2000	60	27	65	400	3,9	52	320		3	1000
ДКсШ3000-3	60	32	110	600	5,5	59	330		5	1250
ДКсШ3000-5*	60	32	110	600	5,5	59	330		5	650
ДКсШРБ3000-1	70	33	100	750	3,7	50	235	101	5—8**	500
ДКсШРБ5000-1	70	40	200	600	5,5	55	235	101	5—8**	500
ДКсШРБ10000-1	70	33	400	1100	7,5	70	255	110	5—8**	125
ДКсЭл1000	60	22	35		4,0	46	320	122		1000
ДКсЭл2000	60	29	65		4,8	60	370	142		1200
ДКсЭл3000	95	30	115		5,7	66	428	166		—

* В безозоином исполнении (легированный кварц).
** Разборная, электроды дополнительно охлаждаются водой.
Примечание. Мощность ламп содержится в обозначении типа. Все лампы работают на постоянном токе.

высокая степень механизации при изготовлении и большая экономия вольфрама и кварцевого стекла [4.24].

Основные типы ламп и их параметры представлены в табл. 4.30.

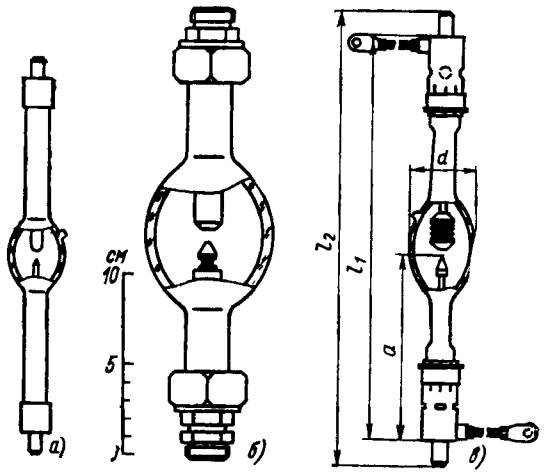


Рис. 4.78. Общий вид шаровых короткодуговых ксеноновых ЛСВД

а — ДКсШ500; *б* — ДКсШРБ 10000; *в* — ДКсЭЛ1000—ДКсЭЛ3000.

Общий вид дан на рис. 4.78. Спектр излучения лампы ДКсШ — на рис. 4.79. Из всей мощности излучения, составляющей около 40 %, около 9 % излучается в УФ области, около 35 % в видимой и около 56 % — в близкой ИК области. *Световая отдача* возрастает с ростом мощности лампы (точнее, удельной мощности), стремясь к пределу. У ламп ДКсШ1000 $\eta_v \approx 30$ лм/Вт, а у ламп мощностью 20 кВт η_v превышает 50 лм/Вт.

На рис. 4.80, *а* дано распределение яркости ДКсШ. Относительное распределение яркости мало зависит от условий разряда. Яркость в центре разряда можно приближенно оценить по формуле [28] $L_ц \approx 5{,}7 \cdot 10^7 \times P_{ст}/l_{эл}^2$, где $P_{ст}$ — мощность столба; $l_{эл}$ — расстояние между электродами, см. Яркость у катода намного превышает яркость в центре. В лампах с малым расстоянием между электродами (0,5—2 мм) удается получать очень высокую яркость (более 10^3 Мкд/м²). На рис. 4.80, *б* показано типичное распределение силы света ламп ДКсШ. Излучение хорошо модулируется током, вплоть до частот в несколько десятков килогерц.

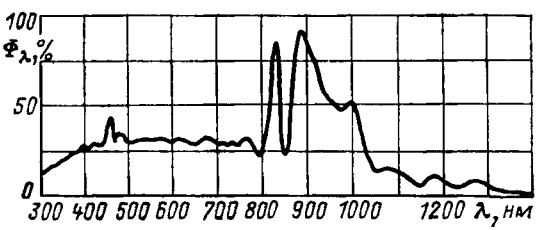


Рис. 4.79. Типичный спектр излучения шаровых короткодуговых ксеноновых ЛСВД (ДКсШ3000).

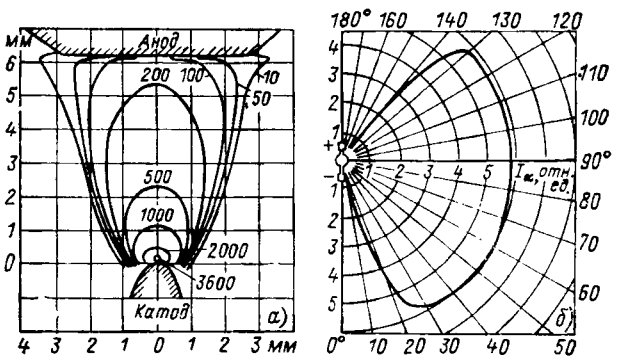


Рис. 4.80. Типичный характер распределения яркости (*а*) и силы света (*б*) короткодуговых ксеноновых ЛСВД.

Цифры у кривых — яркость в мегаканделах на квадратный метр.

Для целей модуляции иногда приходится создавать лампы специальной конструкции с тем, чтобы устранить или уменьшить мешающие действия акустического резонанса, собственных магнитных полей и др.

Положение горения для большинства ламп ДКсШ — вертикальное (кроме ламп ДКсШ100А и ДКсШ2000, работающих в любом положении) анодом вверх, так как в этом случае конвекционные потоки и

поток электронов из катода направлены в одну сторону и дуга горит более устойчиво.

Тепловой режим лампы практически не сказывается на электрических и световых характеристиках, но определяет срок службы. Температура колбы высокая (700—900 °С), поэтому перегрев ламп, например из-за превышения мощности или слишком малого и закрытого кожуха, недопустим. Анод нагревается до 2500 °С, быстрые изменения $t_{анод}$ вызывают его разрушение (см. ниже).

Меры предосторожности обусловлены тем, что давление ксенона в лампах не менее 0,3—0,5 МПа и они взрывоопасны даже в нерабочем состоянии. На лампы одевают защитные кожухи из органического стекла или металла, которые позволяют включать лампу, не снимая кожуха. Его разрешается снимать только после установки лампы в закрытую аппаратуру. Кожух также защищает кварц от прикосновения пальцев. Лампы являются источником мощного излучения, которое может вызвать ожоги кожи и глаз. Правила обращения изложены в инструкциях по эксплуатации.

Включение и зажигание ламп осуществляются либо от сети постоянного тока через последовательно соединенный резистор, либо от генератора постоянного тока с падающей вольт-амперной характеристикой, либо от сети переменного тока через выпрямитель. В последнем случае стабилизация тока может осуществляться и на стороне переменного тока при помощи дросселя (см. разд. 6).

Зажигание дуги осуществляется при помощи специального искрового генератора, подающего на лампу импульс высокого напряжения от 20 до 50 кВ высокой частоты (см. разд. 6). Существует минимальное напряжение питания, ниже которого дуговой разряд не зажигается. Оно примерно составляет (2—2,5) $U_{раб}$, но не менее 45—50 В. Для питания кинопроекционных ламп ДКсШРБ от сети переменного тока выпускается серия выпрямляющих устройств ксеноновых ламп (ВУКЛ). *Пульсация тока* не должна превосходить 8—10 %. При бо́льших пульсациях электроды быстро разрушаются из-за термоусталости вольфрама.

Основные области применения ламп типов ДКсШРБ и ДКсШ мощностью 1 кВт и более — кинопроекция черно-белых и цветных фильмов (до 90 % ламп ДКсШРБ), имитаторы солнечного излучения, фотоэкспонирование, установки радиационного нагрева (УРАН), установки сварки светом (УСС) и многочисленные другие установки и приборы, где требуются высокая яркость, спектр, близкий к солнечному, или высокое качество цветопередачи и мгновенное включение. Для эндоскопов разработаны специальные лампы ДКсШ200 и ДКсШ300, могущие работать в комбинированном режиме (наложение импульса с 10-кратной перегрузкой по току на дугу постоянного тока). Специальные лампы применяются в установках, использующих хорошую модуляционную способность ксенонового разряда СВД.

Дуговая ксеноновая металлическая лампа-светильник мощностью 55 кВт [4.25] схематически показана в разрезе на рис. 4.81. Лампа целиком разборная с водяным охлаждением всех узлов. Корпус металлический. Его внутренняя поверхность представляет собой зеркализованный эллипсоид вращения, в одном из фокусов которого расположена дуга длиной в несколько сантиметров. Практически все излучение дуги выводится из лампы через кварцевое окно. Окно двойное (для водяного охлаждения), имеет купольную форму, обращенную выпуклой стороной внутрь, что увеличивает его механическую прочность, так как оно работает на сжатие.

Лампа работает только при вертикальном положении дуги анодом вверх от источника постоянного тока с пульсацией не более 8 %. Поток излучения лампы составляет 30—35 % подводимой мощности. Спектр излучения см. рис. 4.79. Расход воды на охлаждение корпуса и анода около 40 л/мин, катода — 10 л/мин.

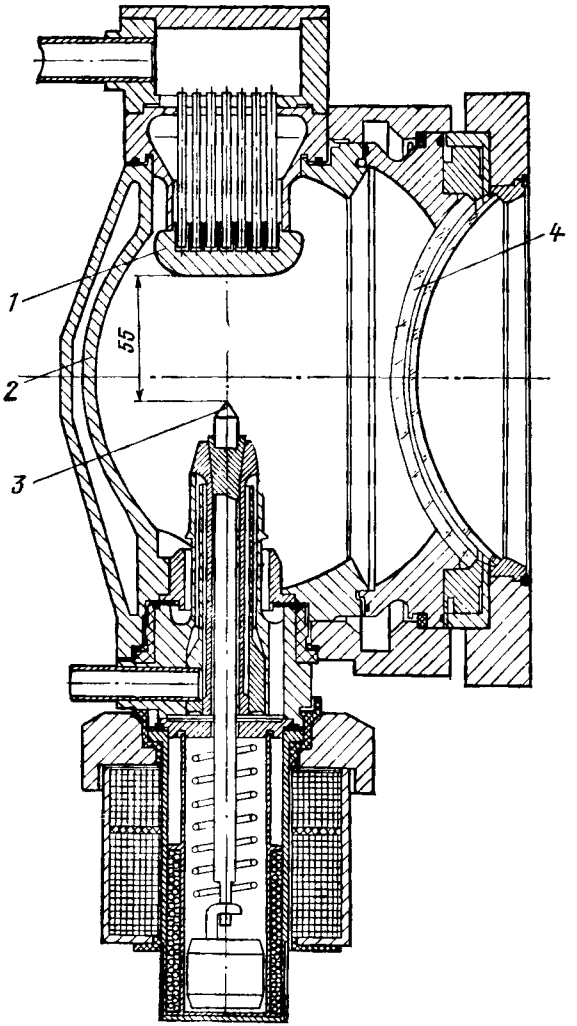


Рис. 4.81. Конструкция ксеноновой лампы-светильника ДКсРМ55000

1 — водоохлаждаемый анод; *2* — металлический зеркализованный корпус; *3* — подвижной катод; *4* — водоохлаждаемое купольное кварцевое окно.

Для охлаждения выходного окна используется специальная замкнутая система с дистиллированной водой.

Основные области применения — крупногабаритные имитаторы солнечного излучения. Лампа выпускается по ТУ16-545.195-78.

4.3.7. ИМПУЛЬСНЫЕ ЛАМПЫ

Импульсной лампой (ИЛ) называется ГЛ, рассчитанная на мощные импульсные электрические разряды, сопровождающиеся интенсивным оптическим излучением [31]. Лампы имеют герметичный баллон из стекла или кварца, наполненный химически неактивным газом

(чаще всего ксеноном). Зажигание ИЛ осуществляется с помощью третьего расположенного внутри или на поверхности лампы управляющего электрода с подачей высоковольтного импульса. В некоторых случаях ИЛ не имеет управляющего электрода и зажигается кратковременным увеличением напряжения на основных электродах.

Питание ИЛ осуществляется от электрического источника, способного обеспечить в течение короткого

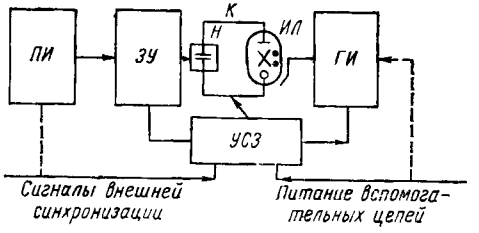


Рис. 4.82. Функциональная схема питания импульсной лампы с накопителем энергии (*ИЛ* — импульсная лампа, включенная в разрядный контур *К* с накопителем электрической энергии *Н*, являющимся вторичным источником энергии для лампы; *ЗУ* — зарядное устройство; *ПИ* — первичный источник энергии; *ГИ* — генератор зажигающих импульсов и *УСЗ* — блок управления, синхронизации и защиты).

времени большой ток, чаще всего — от электрического конденсатора, заряжаемого до рабочего напряжения $U_р$. Особенность ИЛ заключается в возможности их эффективного использования при значительном варьировании амплитуды тока, длительности и частоты разрядов при небольших изменениях КПД и спектрального состава излучения. Это обстоятельство как бы расширяет для потребителей ассортимент доступных ИЛ при ограниченном числе выпускаемых промышленностью типов. В настоящее время с ИЛ получены следующие наибольшие значения параметров: пиковая электрическая мощность $2\cdot10^8$ Вт, световой поток 10^{10} лм, яркость 10^{11} кд/м^2. Диапазон длительностей вспышек ИЛ, выпускаемых промышленностью, характеризуется значениями 10^{-7}—10^{-2} с.

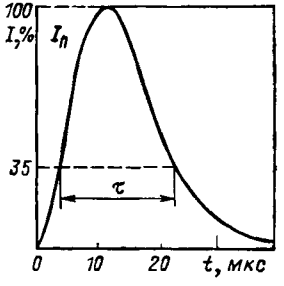


Рис. 4.83. Типичная зависимость силы света $I(t)$ от времени t ($I_п$ — пиковая сила света; τ — длительность импульса силы света).

Классификация ИЛ по конструктивным признакам позволяет выделить трубчатые и шаровые ИЛ. У первых разрядный объем ограничен стенками трубки, у вторых разряд не ограничен в пространстве — расширяющаяся плазма за время разряда не достигает стенок колбы. Терминология, относящаяся к ИЛ, дана в [3.5], а система условных обозначений отечественных ИЛ установлена в [4.37]. Подробные сведения об ИЛ см [31].

Схемы включения ИЛ содержат накопитель, заряжаемый от источника постоянного тока, и устройства управления, синхронизации и защиты, регулирующие работу зарядного устройства, генератора зажигающих импульсов и разрядного контура (рис. 4.82). В качестве элемента схемы ИЛ приближенно можно рассматривать как ключ с односторонним управлением: прохождение тока через лампу прекращается, когда энергия накопителя $W_р$ почти полностью иссякает, или срабатывает выключатель в разрядном контуре, или гасящее устройство уменьшает напряжение на ИЛ до напряжения погасания.

Самым распространенным и простым способом питания ИЛ является подключение ее к накопительному конденсатору, при разряде которого генерируется импульс тока.

Почти все схемы питания ИЛ описываются единой функциональной схемой (см. рис. 4.82). Накопитель заряжается через зарядное устройство от первичного источника постоянного тока.

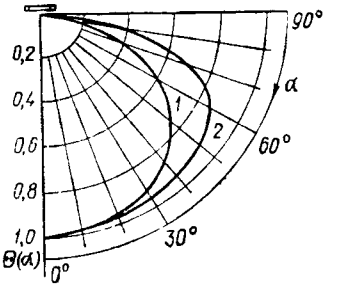


Рис. 4.84. Максимально различающиеся по форме индикатрисы освечивания исследованных в номинальных режимах ИЛ.

1 — ИФП 1200 (U_0=1100 В, C=200 мкФ L=10 мкГ, τ=350 мкс); *2* — ИФП 2000 (U_0=1500 В, C=1800 мкФ, L=50 мкГ, τ=840 мкс).

Характеристики излучения трубчатых ИЛ определяются параметрами лампы и разрядного контура. Импульсы силы света $I(t)$ характеризуются освечиванием $\Theta=\int I(t)dt$, пиковой силой света $I_п$ и длительностью вспышки τ. Варьируя форму и длительность импульса выделяющейся в ИЛ электрической мощности, можно изменять форму и параметры импульсов излучения, получать импульсы силы света, близкие к прямоугольным. Однако при питании от конденсатора кривая $I(t)$ имеет характерную форму (рис. 4.83). Длительность вспышки τ при заданном внутреннем диаметре d_i разрядной трубки определяется произведением Cl (C — емкость конденсатора, l — длина разрядной трубки) — τ увеличивается при увеличении Cl. При сравнительно больших длительностях разрядов, когда плазма практически равномерно заполняет все внутреннее сечение разрядной трубки, можно рассчитать пиковую габаритную яркость $L_{уп}=I_п/ld_i$ и габаритный интеграл яркости $\int L_у(t)dt=\Theta/ld_i$ (для ламп с изогнутыми трубками в формулах ld_i заменяется на соответствующую площадь проекции светящего объема).

Световая отдача трубчатых ксеноновых ИЛ достигает 60 лм/Вт. Пространственное распределение световой энергии Q характеризуется индикатрисами освечивания $\Theta(\alpha)/\Theta(\pi/2)$ (рис. 4.84). Связанной с пространственным распределением излучения величиной является эквивалентный телесный угол $\Omega_э$, равный отношению световой энергии Q к освечиванию Θ в принятом за основное направление излучения. Для прямых трубчатых ИЛ — это направление нормали к оси лампы. Эквивалентные телесные углы прямых трубчатых ИЛ $\Omega_э$ лежат в пределах 10,4—11,6 ср. Теоретические крайние значения $\Omega_э$ равны 9,6 и 11,7 ср. Для ламп типов ИФК $\Omega_э$ = =10,1÷12,1 ср.

Спектр излучения трубчатых ИЛ (температура плазмы 8000—12000 К) охватывает диапазон длин волн 155—4500 нм при кварцевой колбе и 290—3000 нм при стеклянной. Интегральные за импульс спектры излучения состоят из спектральных линий и сплошного фона. В обобщенном и схематизированном виде (без подробного изображения множества спектральных линий излучения ксенона) спектральные характеристики для различных значений пиковой электрической мощности $P_п$, рассеиваемой в 1 см^3 плазмы, представлены на рис. 4.85. При увеличении $P_п$ температура плазмы возрастает, доля УФ увеличивается, а ИК уменьшается. Спект-

ры ИЛ практически не меняются при изменении частоты следования разрядов.

В оптимальном режиме при $P_п \approx 0{,}5 \cdot 10^6$ МВт/м³ общий КПД несколько возрастает с увеличением диаметра разрядной трубки примерно до $d_i = 7$ мм, а при дальнейшем увеличении d_i остается практически неиз-

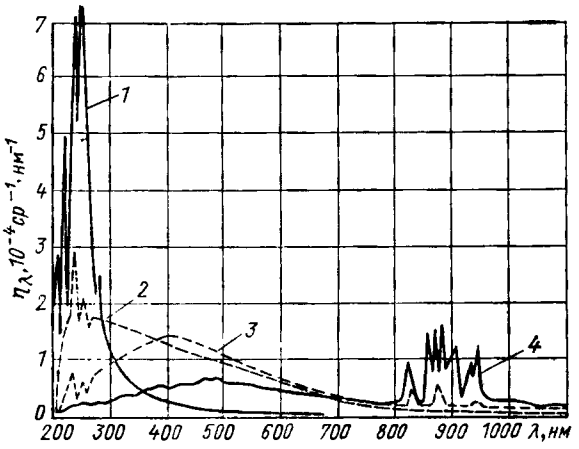


Рис. 4.85. Спектральные распределения КПД в единичном телесном угле в направлении, перпендикулярном оси трубки, для трубчатых ксеноновых ламп.

1 — при объемной плотности мощности $5 \cdot 10^6$ МВт/м³; *2* — 1; *3* — 0,2; *4* — $0{,}04 \cdot 10^6$ МВт/м³. Графики пересчитаны для ламп большой длины с пренебрежимо малыми приэлектродными потерями.

менным, достигая 80 %. У трубчатых ИЛ КПД в инфракрасной области (700—2700 нм) достигает 40 % в режимах, близких к дуговым, 20 % при увеличении $P_п$ до $(0{,}5—1) \cdot 10^6$ МВт/м³ и около 10 % при $(2—10) \times 10^6$ МВт/м³.

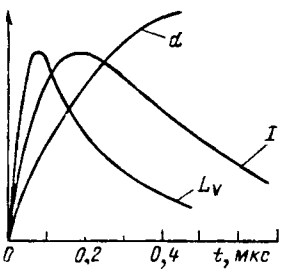


Рис. 4.86. Пример временных зависимостей параметров шаровых ламп.

Характеристики излучения шаровых ИЛ имеют особенности, обусловленные существенно меньшей продолжительностью и меняющейся от импульса к импульсу формой светящего канала разряда в не ограниченном стенками разрядном промежутке малой длины. Из-за низкого сопротивления канала такие разряды чаще всего бывают колебательными. Непрерывное изменение диаметра канала разряда, плотности газа, электрического сопротивления и мощности, расходуемой на расширение канала, обусловливает большое различие временны́х зависимостей силы света $I(t)$ и яркости $L_v(t)$ (рис. 4.86).

Отношение выделяющейся в шаровой ИЛ электрической энергии $W_л$ к запасаемой в конденсаторе электрической энергии $W_р = CU_р^2/2$, называемое КПД разрядного контура $\eta_к$, изменяется в более широких пределах, чем у трубчатых ИЛ, и сильно зависит от свойств контура. При неизменном балластном сопротивлении $\eta_к$ существенно зависит от $W_р$, определяющей диаметр и эффективное сопротивление канала разряда. Невоспроизводимость формы канала разряда, вызывающая повышенный разброс световых параметров от импульса к импульсу, особенно сильно проявляется начиная с некоторой, зависящей от $W_р$ частоты повторения вспышек.

Световая отдача шаровых ИЛ обычно не превышает 15 лм/Вт. Увеличение расстояния между электродами сопровождается приблизительно линейным ростом световой отдачи. Пиковая сила света $I_п$ в широком диапазоне изменения параметров незначительно зависит от $U_р$ и C при постоянной энергии разряда $W_р$ и растет примерно пропорционально $\sqrt{W_р}$.

Длительность импульса силы света τ определяется продолжительностью процессов выделения электрической энергии в канале разряда и временем высвечивания нагретого газа; τ примерно пропорционально $\sqrt{W_р}$ независимо от изменения $U_р$ или C. Включение в раз-

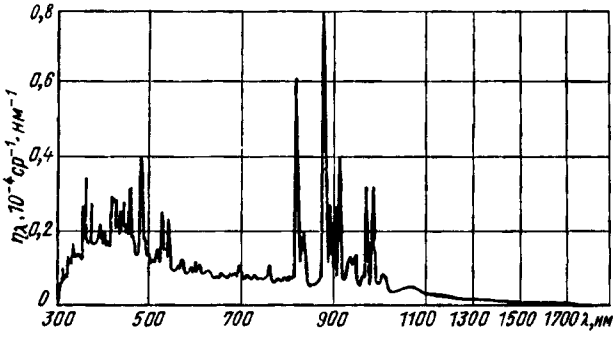


Рис. 4.87. Спектральное распределение КПД в единичном телесном угле для стеклянной лампы ИСШ7 (ксенон, 0,22 МПа, $l = 2{,}5$ мм, 1000 В, 6800 пФ, $\tau = 0{,}35$ мкс, $f = 2$ кГц, $I_{ср} = 4{,}8$ кд).

рядный контур небольшого балластного сопротивления сокращает τ приблизительно в 2 раза.

Пространственное распределение излучения шаровых ИЛ обычно близко к изотропному в области пространства, не затененного электродами. Эквивалентные телесные углы $\Omega_э$ для ламп типов ИСШ равны 10,2—10,8 ср. Для приближенных расчетов можно рекомендовать $\Omega_э = 11$ ср.

Спектральные характеристики плазмы шаровых ИЛ (температура ее десятки тысяч кельвинов) имеют максимум спектральной плотности энергии излучения в области вакуумного УФ (100—200 нм). Ультрафиолетовое излучение плазмы частично поглощается наполняющим колбу газом и стеклом колбы (рис. 4.87). При прозрачной для УФ колбе наблюдается резкое возрастание спектрального КПД при $\lambda < 250$ нм, обусловленное не только сплошным фоном, но и пакетом мощных линий ксенона. В ИК области излучение зарегистрировано до 1700 нм.

Так же как световая отдача, КПД шаровых ИЛ в несколько раз меньше, чем трубчатых, и в видимой области составляет несколько процентов. Общий КПД лампы ИСШ7 равен только 9 %, из-за поглощения УФ излучения колбой. Так, КПД разряда в интервале 220—250 нм составляет половину КПД в интервале 220—1050 нм. С учетом вакуумного УФ излучения общий КПД мощных неограниченных разрядов, вероятно, может достигать 0,5.

Типы и параметры промышленных ИЛ [31, 4.39] представлены в табл. 4.31—4.33. На рис. 4.88—4.90 изображены ИЛ наиболее характерных типов. Лампы сгруппированы по условной классификации их основных областей применения. Кроме представленных имеется также более двух десятков типов трубчатых кварцевых ИЛ, в основном предназначенных для оптической накачки лазеров [31]. Дополнительно к встречавшимся выше параметрам в таблицы включены: $t_{ив}$—

Таблица 4.31. **Светосигнальные и фотоосветительные ИЛ**

Тип лампы	$W_р$, Дж	$t_{ин}$, с	$U_р$, кВ	$U_з$, кВ	N, 10^3 вспышек	Θ, ккд·с	τ, мс	Форма светящей части
ИФК15-2	15	5	0,25	5	5	0,035	3	Прямая
ИФК20	20	10	0,13	5	30	0,025	0,2	
ИФК20-3	20	15	0,36	8	10	0,035	0,3	
ИФК50	50	10	0,2	5	30	0,1	0,4	
ИФК75	75	2	1,5	15	20	0,18	0,15	Полукольцо
ИФК75-1	55	1	0,7	15	300	0,12	0,06	
ИФК120	120	10	0,3	10	10	0,25	1	U-образная
ИФК150	150	0,75	1	25	500	0,45	1	Спираль
ИФК150	80	0,5		25	750	0,25	1	
ИФК500	500	15	0,5	15	10	1	8	
ИФК2000	2000	15	0,5	20	5	6	4	U-образная
	400	1,3	0,32		400	1,2	2	
	150	1,3	0,7		800	0,45	0,1	
ИФК2000-3	2000	4	1,7	25	75	9	1	Спираль
ИФК20000	20 000*	20		25	—	60	2	Шаровая спираль
	10 000*	1,8			7	34	1	
	2000	0,5	4		—	6	0,6	
ИФБ300	300	7,5	0,3	15	10	0,5	40	Кольцо
ИФП200	200	7,5	0,5	10	10	0,4	1,6	Прямая
ИФП500	500	7,5	0,5	10	10	1	7	
ИФП1500	1500	15	1	15	10	4	9	
ИФП4000	4000	15	1,4	15	10	12	16	
ИФП15000	15 000	12	2,4	25	10	50	4,5	
ИПО75	75	30	0,7	10	5	0,3	0,3	
ИШО1	1,3	1	0,8	5	5	0,001	0,003	

* Принудительное охлаждение обдувом.

интервал времени между вспышками; t_{max} — наибольшая длительность непрерывной работы; $P_{ср} = W_р f$ — средняя электрическая мощность; f_{max} — наибольшая частота вспышек; N — число вспышек за срок службы.

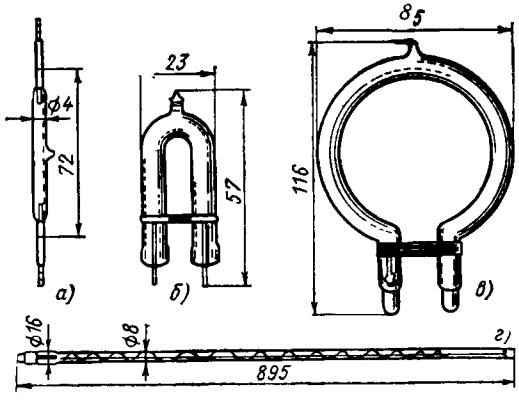


Рис. 4.88 Импульсные трубчатые стеклянные лампы для фотографии.

а — ИФК20-3; *б* — ИФК120; *в* — ИФБ300; *г* — ИФП4000.

Таблица 4.32. **Трубчатые стробоскопические импульсные лампы**

Тип лампы	$P_{ср}$, Вт	Частота следования импульсов, Гц	$U_р$, кВ	$U_з$, кВ	N, 10^6 вспышек	$I_д$, ккд	τ, мкс	Θ, кд·с	Форма светящей части
ИСП15	8	100	0,8	12	500	3	15	0,03	Прямая
	15	100	0,8	12	100	6	15	0,07	
ИСП50	10	100	0,4	9	40	8	13	0,1	
	18	100	1,2	18	40	6	25	0,17	
ИСП70-1	4	0,2	1,2	18	—	40	300	20	
ИСК10	10	1	0,3	10	0,18	40	200	8	U-образная
		200			360	5	25	0,008	
ФП1500*	1600	5000	8	15	0,025	50	2	0,1	Прямая
	840	2000				100	3	0,3	
	420	1000				60	5	0,3	
	400	50				120	5	0,6	
ИСК20-1	9	100	0,3	18	360	9	8	0,07	U-образная
ИСК25	25	1	0,3	15	0,36	300	150	60	
	30	0,05	0,3	15	0,01	300	6000	1200	
ИСК200**	200	200	3	18	0,1	250	5	1,25	Спираль

* Питание в схеме с принудительной коммутацией в разрядной цепи короткими циклами продолжительностью от 0,2 до 2 с.

** Продолжительность непрерывной работы 15 с.

Таблица 4.33. **Шаровые импульсные лампы**

Тип лампы	$P_{ср}$, Вт	f_{max}, $с^{-1}$	$U_р$, кВ	$U_з$, кВ	t_{max}, с	N, 10^6 вспышек	$I_д$, ккд	τ, мкс	Θ, кд·с
ИСШ2	2	100	0,65	5	—	720	10	1	0,01
ИСШ4*	4	10	0,65	3	—	1	40	3	0,14
ИСШ4-1	5	2500	0,8	5	—	12,5	2	0,5	0,001
ИСШ5*	18	100	1,2	5	—	0,2	50	1	0,045
	0,6	3	1,9	5	—	0,2	50	1	0,05
ИСШ7	1,75	500	1	1,5	20	6	7	0,35	0,005
	7	2000	1	1,5	20			0,35	0,005
ИСШ15*	15	500	0,45	6	—	500	4	1,5	0,006
	1	0,1	1	6	—	—	300	15	5
ИСШ12	12	2	0,8	7	—	1	—	50	1
ИСШ100-2	100	500	3	6	30	0,3	250	1,3	0,2
	50	500	3	6	—	3	150	1	0,1
	5	0,1	3	6	—	—	3000	15	50
ИСШ100-3М*	100	20	4,5	6	—	3,6	1000	2,5	2,5
	150	50	3,5	6	—	—	800	2,5	2
	5	0,1	3	6	—	—	4000	15	60
ИСШ100-4	55	25	6,5	1	90	0,27	600	3	1,8
ИСШ100-5	62	250	2,6	4	900	100	150	1,5	0,25
ИСШ100-6	20	5	4	10	—	3	600	3	1,8
ИСШ300	300	400	6,3	25	—	7,2	300	2	0,6
	10	0,1	6	25	—	—	3000	15	50
ИСШ400**	375	3000	5	8	50	10	100	0,8	0,08
ИСШ500	500	100	9	25	—	0,36	1000	6	6
	10	0,75	7	25	—	—	4000	25	100
СШ500	500	1	0,2—1,5	—	—	0,075	—	500	—
СШ12	12	3	0,65—1	—	—	1	—	50	—

* Разряд через балластное сопротивление.

** Питание в схеме с принудительной коммутацией в разрядной цепи.

Интервал напряжений между основными электродами, в пределах которого возможно управляемое зажигание ламп, ограничивается напряжениями зажигания и самопробоя. Методы измерения напряжения зажигания и напряжения самопробоя стандартизованы [4.39, 4.40].

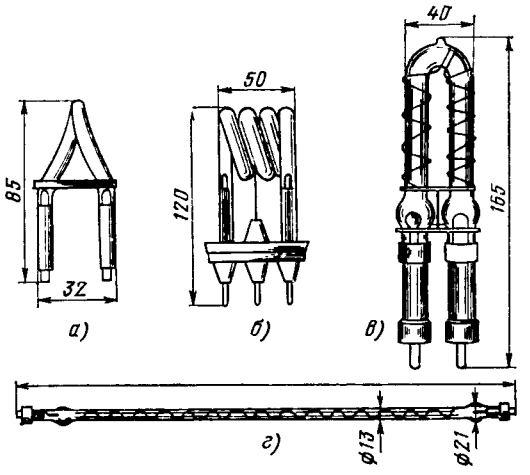


Рис. 4.89. Импульсные трубчатые кварцевые лампы для фотографирования и сигнализации.
а — ИФК75; *б* — ИФК150; *в* — ИФК2000; *г* — ИФП15000.

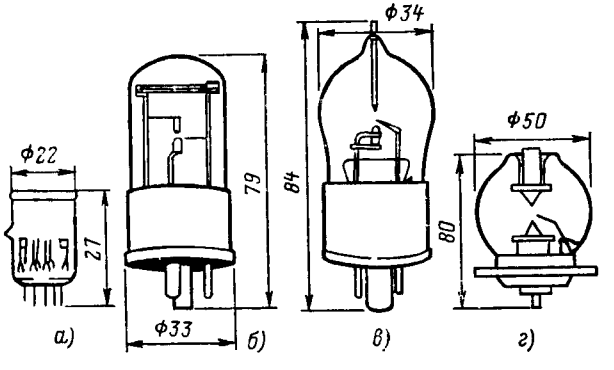


Рис. 4.90 Импульсные шаровые лампы.
а — ИСШ4; *б* — ИСШ15; *в* — ИСШ100-5; *г* — ИСШ400-3.

К основным нагрузочным параметрам ИЛ отиосятся наибольшая допустимая энергия одного импульса, рассеиваемая в лампе в режиме редких импульсов, а в режиме часто повторяющихся импульсов — наибольшая допустимая средняя мощность. Сведения о перечисленных параметрах, механических и климатических свойствах, конструктивных и эксплуатационных особенностях ИЛ см. [31].

Лампы-вспышки одноразового действия (ЛВ) дают импульс излучения за счет реакции горения магниевой или циркониевой фольги в атмосфере кислорода. Международными стандартами установлены конструкция, классификация, световые параметры и методы измерения параметров ЛВ для фотографирования (ИСО 2691-73; ИСО 1229-72; ИСО 1230-73). Эффективная длительность вспышки фотографических ламп лежит в пределах 10 и 30 мс.

Отечественной промышленностью выпускается по ТУ 2.425.003 фотографическая вспышка-куб, состоящая из четырех ЛВ, размещенных за гранями прозрачного пластмассового куба.

4.3.8. РАЗЛИЧНЫЕ ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ

Лампы тлеющего свечения (ЛТС) предназначены для использования главным образом в качестве индикаторов. Кроме того, они находят множество других специальных применений [24, 28].

Устройство и принцип их действия основаны на использовании катодного тлеющего свечения. В стеклянный баллон лампы впаяны два электрода, расположен-

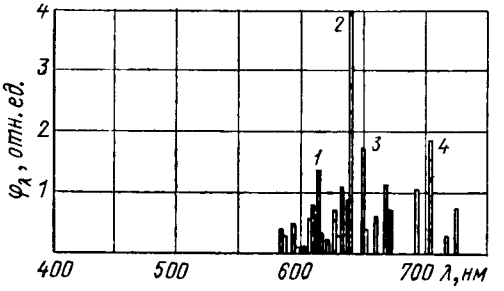


Рис. 4.91. Спектр излучения неоновых ламп.
1 — 614; *2* — 640; *3* — 650; *4* — 703 нм.

ные на близком расстоянии друг от друга. Лампа наполняется обычно неоно-гелиевой смесью (при давлении 650—2600 Па) с небольшой примесью аргона для снижения напряжения зажигания (иногда добавляют ртуть). Форма электродов зависит от назначения ЛТС. Часто электроды покрываются тонкой пленкой активирующего вещества, снижающего напряжение зажигания. При включении в сеть тлеющее свечение покрывает электрод, соединенный с отрицательным полюсом. При работе на переменном токе свечение попеременно покрывает оба электрода (с частотой сети). Излучение обладает весьма малой инерционностью и может модулироваться с частотой до 20—22 кГц. Лампы, наполненные неоном, дают оранжево-красное свечение, спектр которого показан на рис. 4.91. При добавлении ртути появляется синевато-белый ореол по краям светящейся пленки, даваемый линиями ртути в спектре. Световой поток ЛТС в зависимости от типа ламп составляет от 0,02 до 5 лм. Яркость свечения — от 10^2 до 10^4 кд/м^2. Световая отдача — от 0,2 до 1 лм/Вт, мощность ЛТС — от 0,01 до 10 Вт. Особую группу составляют лампы в колбах, покрытых изнутри слоем люминофора, дающие излучение разного цвета (см. п. 4.3.2).

Маркировка ЛТС: Т — тлеющего разряда; М — миниатюрная; В — для вольтоскопов; Н — неоновая; ВМ — волномерная; УВ — указатель высокого напряжения; цифры после первого дефиса — ток в миллиамперах; цифры после второго дефиса — порядковый номер разработки. Исключение составляет обозначение цифр ламп МН. Первая цифра соответствует напряжению на лампе в вольтах, вторая — току в амперах.

Основные типы ламп и их параметры приведены в табл. 4.34. Общий вид некоторых типов ЛТС показан на рис. 4.92.

Срок службы ЛТС свыше 1000 ч и ограничивается поглощением наполняющего лампу газа и потемнением колбы от распыления электродов.

Включение ламп в сеть как постоянного, так и переменного тока осуществляется через небольшой резис-

Таблица 4.34. **Основные параметры ламп тлеющего свечения (рис. 4.92)**[1]

Тип лампы	Напряжение зажигания (наибольшее), В	Рабочий ток, мА	Габариты: Диаметр, мм	Габариты: Полная длина лампы, мм	Тип цоколя	Средняя продолжительность горения, ч
ТН-0,95	80	1,0	16	44	Специальный	2000
ТН-30	82	30	56	94	Е27	1000
ТН-30-3	82	30	56	94	Е27	1000
ТН-02-2	85	0,25	9,5	34,5	В9/14	200
ТН-0,2-1	85	0,25	9,5	34,5	В9/14	1000
ТН-0,5	90	0,5	16	45	В15	300
ТН-30-2М	105	30	56	94	Е27/32×30	2500
ТН-0,8	110	0,8	8	32	Без цоколя	1000
ТН-0,25	120	0,25	9,5	34,5	В9/14	2000
ТН-1	140	1,0	14	26	Специальный	100
ТН-0,15	150	0,15	3	20	Без цоколя	100
ТН-03	150	0,3	9,5	34,5	Е10/13	200
ТН-20	150	20	56	94	Е27	1000
ТН-0,31	170	0,3	9,5	34,5	В9/14	2000
ТН-0,9	200	0,9	16	46	В15	300
ТМН-2	200	15	31	77	Ц8	150
ТНУВ	550	—	10	72	Специальный	1000
МН-2,5-0,15	—	150	12	24	Е10/13	45
МН-2,5-0,29		290	16	30	Е9/14	300
МН-2,5-0,72		720	16	30	Е10/13	120
МН-2,5-0,54		540	16	30	В9/13	550
МН-2,5-0,50		500	16	30	Е10/13	150
МН-15	220	0,45	9,5	38	Е10/13	50
ВМН-2	126		7,0	35	Специальный	—
ВМН-1	160	2	10	51	Специальный	—
ВН-1	—	—	4,5	40	—	50
ВН-2	—	—	4,5	40	–	50

[1] См. Каталог «Светотехнические изделия. Лампы газоразрядные». 09.50.07-75 Информэлектро

Таблица 4.35. **Длины волн наиболее интенсивных линий в спектре излучения ламп дугового разряда с парами некоторых металлов**

Тип	Наполнение	Длина волны, нм: Видимое излучение	Длина волны, нм: УФ излучение	Рис. 4.93
ДРС50	Ртуть	404,7 435,8 546,1 577	253,7 296,7 312,6 334,1 365	*б*
ДКдС20	Кадмий	467,8 480 508,6 643,8	298,1 326,1 340,4 346,6	*б*
ДЦнС20	Цинк	468 472,2 481,1 632,2	280,1 328,2 330,3 334,5	*б*
ДТС15	Таллий	535		*а*
ДНаС18	Натрий	589,0 589,6		*в*
ДЦзС16	Цезий	455,5 687 697,3 722,9 760,9 794,4 852,1 894,4		*в*

тор, соединяемый последовательно с лампой. В ЛТС достаточно больших размеров резистор встраивается в ножку или цоколь. В лампах малого размера он включается отдельно. Сопротивление и размеры резистора подбираются по току лампы и выделяемой на нем мощности.

Спектральные лампы (СЛ)* служат источниками излучения с точно определенными длинами волн или с непрерывным спектром с известной спектральной плотностью потока излучения. По устройству и принципу действия спектральные лампы подразделяются на несколько групп.

Лампы дугового разряда с парами металлов и инертными газами содержат излучатель в виде небольшой разрядной трубки, наполненной смесью паров какого-либо металла с зажигающим газом (аргоном) и каким-либо металлом или инертным газом, чаще неоном или гелием. Излучатель помещен во внешнюю стеклянную колбу, снабженную октальным, резьбовым или специальным цоколем. Размеры трубки излучателя и сорт стекла выбираются, исходя из наполнения и теплового режима, с таким расчетом, чтобы обеспечить интенсивное излучение линий наполняющего металла, необходимый электрический режим и достаточный срок службы. Лампы излучают линейчатые спектры, характерные для атомов наполняющего горелку металла или газа (табл. 4.35). Отечественная промышленность выпускает серию ламп для работы на переменном токе.

Дуговые низковольтные водородные лампы дают непрерывное интенсивное излучение в области 400—165 нм и многолинейчатый спектр в области 165—80 нм (вакуумный УФ). В лампах, разработанных ГОИ им. С. И. Вавилова, применяются активированный подогревный катод, заключенный в экранирующий цилиндр, и анод в виде диска с отверстием для наблюдения разряда. Пространство между катодом и анодом отделено экраном с небольшим отверстием (около 1—2 мм) для прохождения разряда. Концентрация плазмы в малом отверстии повышает плотность тока и энергетическую яркость излучения. Колба лампы имеет специальное окно, обеспечивающее выход УФ излучения с длиной волны до 80 нм. Лампы наполнены водородом или дейтерием; иногда вводят еще

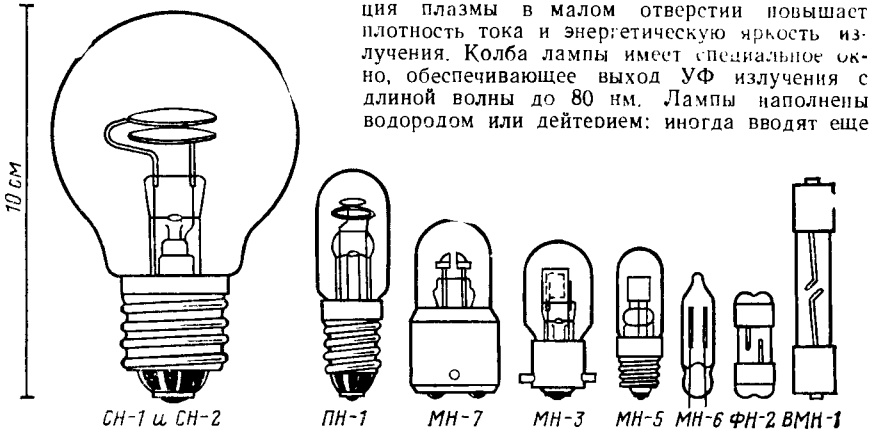


Рис. 4.92. Общий вид ламп тлеющего свечения.

* См. также «Газоразрядные лампы». Каталог Разноэкспорта и «Светотехнические изделия. Лампы газоразрядные». Каталог 09.50.07-75, изд. «Информэлектро», 1975 г.

Таблица 4.36. Основные параметры спектральных ламп (рис. 4.93)[1]

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Напряжение на лампе, В		Ток, А	Яркость, ккд/м²	Габариты		Тип цоколя	Средняя продолжительность горения, ч
		наименьшее	наибольшее			Диаметр, мм	Наибольшая длина, мм		
ДРГС12	12	30	95	0,3	—	43	124	Октальный	200
ДТС15	15	18	22	0,9	20,0	33	165	E27/32×30	50
ДЦзС16	16	10	12	1,8	2,5	33	165	E27/32×30	200
ДНаС18-04.2	18	19	22	1,1	80	33	165	Специальный	200
ДКдС20	20	17	20	1,25	17,0	33	165	E27/32×30	300
ДЦиС20	20	19	22	1,2	7,0	33	165	E27/32×30	300
ДВС25	25	50	100	0,3	—	43	124	Октальный	200
ДДС30	30	50	100	0,3	300	43	124	»	200
ВМФ-25П	25	70	100	0,3	—	30	130	»	500
ДРС50	50	40	70	1,05	1000	33	165	E27/32×30	300
ДРС250	250	23	33	10,0	—	80	300	Специальный	150
ДРС600	600	68	78	8,0	—			»	200

[1] См. Каталог «Светотехнические изделия. Лампы газоразрядные». Информэлектро, 09.50.07-75.

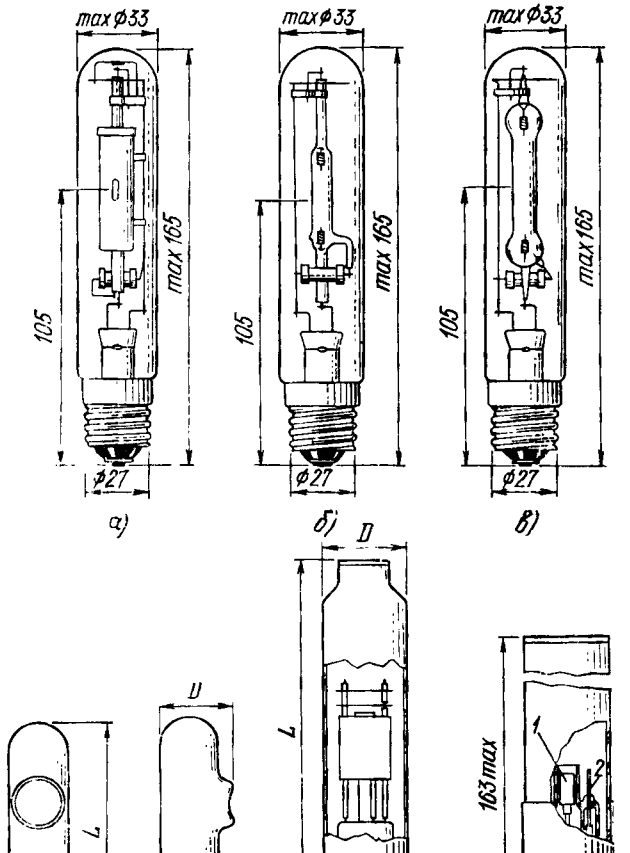


Рис. 4.93. Общий вид спектральных ламп различного типа (см. табл. 4.36).

а—в — лампы дугового разряда с парами металлов и инертными газами; *г* — ртутно-гелиевые и водородные; *д* — водородная лампа типа ВМФ-25П; *е* — лампа с полым катодом (*1* — полый катод; *2* — анод).

ртуть. На рис. 4.93, *д* представлена в качестве примера водородная лампа ВМФ-25П, выпускаемая ГОИ (см. табл. 4.36). Лампа имеет плоское окно из монокристалла фтористого магния, расположенное на торце колбы. Такая конструкция позволяет вакуумно-плотно присоединять лампу при помощи грибкового уплотнения к камере спектрального прибора для непосредственного попадания излучения в вакуум прибора.

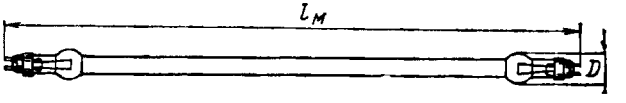


Рис. 4.94. Общий вид неоновой дуговой лампы.

Маркировка ламп: Д — дуговая; следующая буква или две характеризуют наполнение, например, Р — ртутная, Кд — кадмиевая, Цн — цинковая, Т — таллиевая, Цз — цезиевая, На — натриевая, В — водородная, РГ — ртутно-гелиевая, Д — дейтериевая и так далее, затем буква С — спектральная; цифры — мощность лампы в ваттах.

Основные типы ламп и их параметры приведены в табл. 4.36, а их общий вид — на рис. 4.93.

В лампах с парами металлов нормальный режим устанавливается через 7—10 мин после включения. В лампах с газами период разгорания практически отсутствует.

Спектральные лампы с полым катодом излучают узкие спектральные линии (полуширина в пределах 0,001—0,002 нм) в различных областях спектра. В основном это резонансные линии металлов, которые возбуждаются в полом катоде тлеющего разряда, если внутренняя полость катода выполнена из соответствующего металла. На рис. 4.93, *е* дан эскиз подобных ламп типа ТСПК, выполняемых с катодами из Au (267,6; 242,8 нм); Ag (328,1); Ti (364,3); W (408,0); Fe (248,3); Al (309,3); Ni (232,0); Mo (313,3 нм). Лампы работают от источника постоянного тока 500 В при $I = 10 \div 40$ мА. Многоэлементные лампы типа ТДС имеют несколько полых катодов и одновременно излучают спектры нескольких элементов.

Высокочастотные безэлектродные лампы типа ВСБ-2 представляют собой стеклянную колбочку сферической формы Ø 20 мм, наполненную инертным газом при давлении в несколько сот паскалей и содержащую небольшое количество металла. Лампа помещается в высоко-

частотное поле (примерно 100 МГц), создаваемое генератором, и излучает при этом узкие спектральные линии соответствующего металла. Лампы типа ВСБ-2, ГСПК и ТДС используются в атомно-абсорбционных, атомно-флюоресцентных спектрофотометрах, рефрактометрах и подобных им приборах.

Неоновые дуговые лампы являются эффективным и мощным источником оранжево-красного излучения (580—730 нм). Общий вид выпускаемой лампы типа ДНеСГ500-1 (Д — дуговая, Не — неоновая, СГ — сигнальная, мощностью 500 Вт) см. на рис. 4.94. Лампа работает от сети 220 В, частотой 50 Гц и включается последовательно с дросселем. Для зажигания применен предварительный накал активированных электродов в сочетании с импульсом высокого напряжения по схеме, подобной схеме включения люминесцентных ламп со стартером. С этой целью у каждого электрода выведены оба конца. Параметры лампы: $P_л = 500$ Вт; $U_л \leqslant \leqslant 85$ В; $I = 6{,}5$ А; $\Phi_v = 6{,}5$ клм; $l_м = 1315$ мм; $D = 65$ мм, цоколь двухштырьковый Ц2Ш18/46. Средняя продолжительность горения 1000 ч. Лампы надежно работают при $t_{окр}$ от —40 до +40 °С и применяются главным образом для сигнального освещения аэродромов.

4.4. НЕКОТОРЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА

4.4.1. ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ПАНЕЛИ

Электролюминесцентная панель (ЭЛП) представляет собой плоский конденсатор, в электрическое поле которого помещен люминофор. Электролюминесценция возбуждается при напряженности поля порядка 10^4—

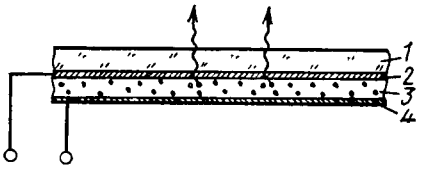


Рис. 4.95. Схематический разрез ЭЛП (толщины показаны не в масштабе).

1 — стеклянная пластинка; *2* — прозрачный электропроводящий слой; *3* — зерна электролюминофора, взвешенные в прозрачном диэлектрике; *4* — металлическая пластинка.

10^5 В/см. Плоскопараллельные обкладки электролюминесцентного конденсатора находятся на расстоянии нескольких десятков микрометров друг от друга [4.29]. Пространство между ними заполнено прозрачным диэлектриком, в котором взвешены частицы люминофора (рис. 4.95). Одна или обе обкладки делаются прозрачными, обычно из стекла (иногда на керамике) или на гибкой основе. В последнем случае ЭЛП легко могут изгибаться. Стандартные ЭЛП на стекле предназначены для работы от сети 220 В на частотах 50, 400, 1000 и 1200 Гц и имеют вид прямоугольных пластин размером от 10×20 до 300×300 мм², толщиной 4—5 мм. В качестве люминофоров применяют сульфиды цинка и сульфиды, селениды цинка, кадмия. При необходимости ЭЛП могут иметь форму простых или сложных знаков.

Типы и параметры выпускаемых ЭЛП приведены в табл. 4.37, а спектры излучения — на рис. 4.96. Максимальная световая отдача ЭЛП зеленого и желтого цвета свечения — до 12 лм/Вт при напряжении 200—300 В и частоте 1000 Гц.

Каждая ЭЛП рассчитана на определенное рабочее напряжение и частоту, при более высоком напряжении

Таблица 4.37. **Усредненные яркости свечения ЭЛП с промышленными электролюминофорами (диэлектрик — лак ВС-530, $\varepsilon \approx 15$) при $U_с = 220$ В [4.30]**

Электролюминофор*	Цвет	Яркость, кд/м² при частоте, Гц		
		50	400	1000
ЭЛ-525-С	Зеленый	7—10	75—100	140—250
ЭЛС-510-В	»	9—15	75—125	130—230
ЭЛ-465	Голубой	4—5	30—45	50—80
ЭЛ-570 м	Желтый	7—10	70—110	120—250
ЭЛС-670-И	Красный	0,6—1	8—12	17—30

* Цифра означает длину волны, нм, в максимуме свечения.

возможен пробой. С увеличением частоты яркость повышается, но увеличивается скорость ее спада со временем. Особенно сильный спад яркости происходит в первые сотни часов, затем он замедляется. Общий ре-

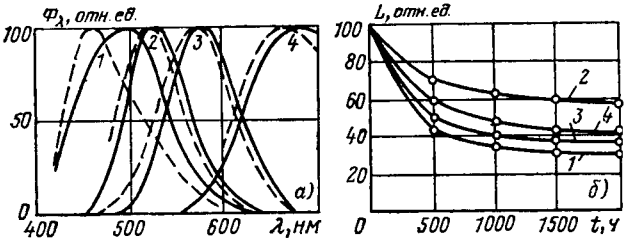


Рис. 4.96. Характеристики ЭЛП с различными электролюминофорами.

а — спектры излучения (——— — частота 50 Гц; — — — — частота 1000 Гц); *б* — спад яркости в процессе эксплуатации; *1* — ЭЛ-465; *2* — ЭЛ-525-С; *3* — ЭЛ-570-М; *4* — ЭЛ-670-И.

сурс не менее 3 тыс. ч (в рекламных проспектах некоторых зарубежных фирм приводятся данные, что спад яркости до 0,5 от начальной при 60 Гц происходит за 10—15 тыс. ч). Стабильность ЭЛП на гибкой основе существенно хуже, чем на твердой.

Области применения — в светящихся знаках для систем сигнализации и отображения информации, а также в качестве маломощных источников излучения различного назначения.

4.4.2. СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИЕ ДИОДЫ

Светоизлучающие диоды [4.31] представляют собой микроминиатюрные полупроводниковые источники света, в которых излучение возникает на полупроводниковом переходе в результате рекомбинации электронов и «дырок». В светоизлучающих диодах используются полупроводниковые материалы высокой чистоты, легированные малыми количествами контролируемых примесей, создающих либо избыток электронов (материал *n*-типа), либо их недостаток, т. е. избыток «дырок», которые ведут себя подобно положительным зарядам (материал *p*-типа). В месте контакта материалов *p*- и *n*-типов образуется полупроводниковый *p-n* переход. Если к *p-n* переходу приложить постоянное напряжение в несколько вольт прямой полярности (т. е. к *n*-материалу минус, а *p*-материалу плюс), то приложенное поле будет заставлять перемещаться электроны и «дырки» навстречу друг другу и они будут рекомбинировать в зоне контакта, частично испуская при этом фотоны (рис. 4.97).

Спектр излучения зависит от материала полупроводника и вводимой примеси (рис. 4.98). Наиболее широко применяется арсенид галлия GaAs, дающий излучение в близкой ИК области с $\lambda_{max} \approx 920$ нм.

В связи с разработкой так называемых *антистоксовых люминофоров*, преобразующих ИК излучение в видимое [4.32], широко применяются светодиоды, дающие ИК излучение (главным образом арсенид галлия с кремнием), в сочетании с антистоксовыми люминофорами, в результате чего удается получить красное, зеленое и голубое свечения.

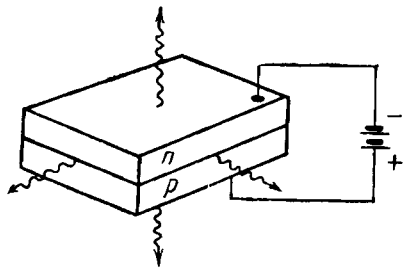


Рис 4.97 Схематический вид светоизлучающего диода на *p-n* переходе и схема включения (не в масштабе).

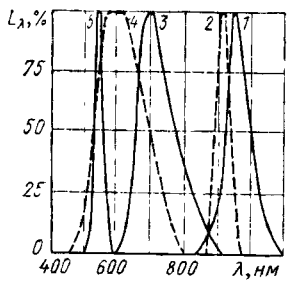


Рис 4.98. Спектры излучения некоторых светоизлучающих диодов.

1 — арсенид галлия с кремнием; *2* — арсенид галлия; *3* — фосфид галлия; *4* — карбид кремния; *5* — арсенид галлия с антистоксовым люминофором.

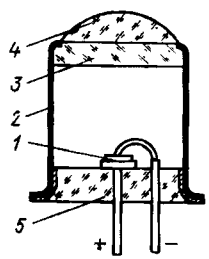


Рис. 4.99. Схематический вид светоизлучающего диода (в разрезе).

1 — излучающий элемент на *p-n* переходе; *2* — металлический корпус; *3* — стекло; *4* — линза; *5* — изолирующее основание.

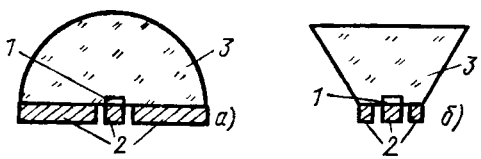


Рис. 4.100. Примеры конфигураций светоизлучающих диодов для повышения коэффициента выхода излучения.

а — полусфера; *б* — усеченный конус; *1* — p-n переход; *2* — контакты; *3* — прозрачный полупроводник.

Размеры контакта с *p-n*-переходом очень малы, обычно порядка 10^{-3}—10^{-4} см^2, столь же мала и область свечения. Это позволяет делать светоизлучающие диоды очень малых размеров. Свечение возникает на границе полупроводников и выходит наружу сквозь один из полупроводниковых материалов и через зазор между двумя материалами. Конструкция типичного светоизлучающего диода дана на рис. 4.99. Габаритные размеры современных светоизлучающих диодов составляют от 3 до 7 мм в диаметре. Главные потери излучения в этих приборах связаны с полным внутренним отражением. Для повышения коэффициента выхода излучения наружу применяют специальные конфигурации светоизлучающих диодов (рис. 4.100).

Светоизлучающие диоды работают от источника постоянного напряжения 1—3 В при токах от 10 до 100 мА. Сила света порядка 0,01—0,02 кд. Световая отдача желто-зеленого светоизлучающего диода из фосфида галлия достигает нескольких сот люмен на ватт, но поток излучения очень невелик. Мощность ИК излучения составляет 5—7 мВт на 100 мА. Обычно светоизлучающие диоды работают при плотностях тока в месте контакта порядка десятков А/см^2. Если на GaAs светоизлучающий диод дать короткие импульсы тока с плотностью порядка сотен А/см^2, то светоизлучающий диод переходит в лазерный режим и генерирует короткие вспышки ИК излучения с высоким КПД (см. п. 4.4.4).

Светоизлучающие диоды применяют главным образом в качестве малогабаритных осветителей, различных индикаторов (индикаторы состояния, цветные, знаковые и т. д.) и элементов в оптронах (миниатюрные светоизлучающий диод и фотоприемник, смонтированные в одном корпусе); их часто называют оптическими изоляторами (ОИ).

4.4.3. ИСТОЧНИКИ СВЕТА С РАДИОАКТИВНЫМИ ИЗОТОПАМИ

Источники света этого типа не требуют внешних источников питания, взрывобезопасны, имеют большой срок службы, но дают малые световые потоки и яркости, достаточные только для освещения шкал приборов, создания светящихся знаков и тому подобных целей [4.17].

Световые знаки с тритиевым наполнением представляют собой запаянную стеклянную колбочку или трубку диаметром 1—3 см, покрытую изнутри слоем люминофора и наполненную тритиевым газом — изотопом водорода (^{3}H).

Испускаемое тритием β-излучение (электроны малой энергии 5,7 кВ) возбуждает люминофор, который излучает свет со спектром, характерным для данного люминофора. Стеклянные стенки колбы совершенно непроницаемы для трития и β-излучения, так что такой источник света не представляет радиационной опасности. У экспериментальных образцов яркость достигает 6—7 кд/м^2; обычно же они около 1—2 кд/м^2 для желтого, зеленого и белого цветов свечения и 0,3—0,8 кд/м^2 для синего и оранжево-красного. Яркость свечения падает по мере распада трития. Период полураспада трития около 12 лет, фактически же яркость падает вдвое за 6—7 лет, но полезный срок службы ламп можно считать равным 12—15 годам.

Светосоставы постоянного действия (СПД) представляют собой люминофор, смешанный с радиоактивными веществами. В настоящее время для возбуждения используют радиоактивные изотопы, дающие только β-излучение: тритий или прометий 147. Их достоинство в том, что электроны полностью задерживаются даже тонкими защитными слоями вещества и не разрушают основу люминофора. Всесоюзная контора «Изотоп» поставляет СПД на тритиевой основе различных цветов. Яркости в зависимости от цвета составляют от 0,05 до 0,2 кд/м^2. СПД употребляются для изготовления самосветящихся красок. Они практически безвредны, так как тонкий слой лака полностью поглощает β-излучение трития. Спад яркости определяется периодом полураспада трития.

4.4.4. ЛАЗЕРЫ

Лазеры[1] представляют собой генераторы оптического излучения, обладающего совершенно уникальными свойствами: 1) высокой когерентностью в пространстве и во времени, 2) исключительно узкой направленностью (расходимость до 0,4′), 3) огромной концентрацией мощности (до 10^{11} Вт/см^2 в непрерывном режиме и до 10^{18} Вт/см^2 в импульсе), 4) высокой степенью монохроматичности ($\Delta\lambda = 10^{-9}$ нм при $\lambda = 500$ нм), 5) способностью фокусироваться в исключительно малые объемы порядка λ^3 [4.33]. Фундаментальный вклад в эту новую бурно развивающуюся область науки и техники, называемую квантовой электроникой, внесли советские ученые[2]. Первые лазеры были созданы в 1960 г.

Принцип действия лазеров основан на использовании теоретически предсказанного А. Эйнштейном еще в 1916 г. процесса вынужденного (стимулированного, индуцированного) испускания фотона возбужденным атомом или молекулой под воздействием излучения, имеющего ту же частоту. Самое важное и замечательное в этом процессе заключается в том, что фотон, возникший при вынужденном испускании, совершенно тождествен с вызвавшим его внешним фотоном по направлению, частоте, фазе и поляризации. На языке волновой оптики это означает, что вынужденное излучение когерентно со стимулирующим. Этот принцип справедлив для всего спектра электромагнитного излучения.

Вынужденное излучение в оптическом диапазоне спектра в обычных условиях значительно меньше спонтанного и поэтому практически не наблюдалось. В 1940 г. В. А. Фабрикант предложил метод прямого доказательства существования вынужденного излучения и при этом впервые обратил внимание на принципиальную возможность создания среды, не ослабляющей, а усиливающей проходящее через нее излучение [4.34]. Для этого необходимо создать такие искусственные условия, при которых концентрация возбужденных атомов или молекул на каком-либо верхнем энергетическом уровне была бы больше, чем их концентрация на каком-либо нижнем, соответствующем оптическому переходу между ними. Такая необычная «заселенность» энергетических уровней называется теперь *инверсной*, так как в обычных условиях концентрации возбужденных атомов или молекул резко убывают с ростом энергии возбужденного уровня. Среда с инверсной заселенностью называется *активной*. Излучение с частотой, соответствующей инверсному переходу, проходя через активную среду, вызывает лавину вынужденных фотонов, «летящих» строго в одном направлении, и вместо обычного ослабления получается усиление излучения в направлении падающего луча[3]. Эта идея лежит в основе всей квантовой электроники.

Принципиально важным шагом в создании лазеров явилось предложение А. М. Прохорова поместить активную среду в оптический резонатор (ОР), что в значительной мере определило уникальные свойства лазерного излучения [4.35]. В простейшем случае ОР представляет собой две отражающие поверхности, обращенные друг к другу, обеспечивающие многократное прохождение излучения через активную среду и за счет этого его резкое усиление. При этом максимальное усиление получают лучи, наибольшее число раз прошедшие через активную среду, вследствии чего резко увеличивается мощность выходящего лазерного излучения и оно становится остронаправленным, сохраняя при этом высокую когерентность. Для выхода излучения одну из поверхностей ОР делают частично прозрачной или с отверстием. Из-за интерференции в ОР усиливаются только те излучения, длины волн которых образуют стоячие волны, благодаря чему выходящее лазерное излучение становится высоко монохроматичным (подробнее см. [4.33]).

Помещение активной среды в ОР обеспечивает возможность перехода от режима усиления излучения к режиму самовозбуждения (генерации). Для этого необходимо, чтобы потери излучения при одном цикле прохождения через систему (отражения в ОР, рассеяния и др.) были меньше его усиления в активной среде. Активная среда может создаваться только за счет подвода энергии извне. Процесс перевода лазерного вещества в активное состояние называется *накачкой*. Для каждой конкретной системы ОР и лазерного вещества существует своя минимальная пороговая мощность накачки, ниже которой генерация невозможна. До определенного предела чем выше мощность накачки, тем выше мощность лазерного луча [4.33].

Лазер состоит из трех основных узлов: излучателя, системы накачки и источника питания, а также вспомогательных устройств, обеспечивающих его нормальную работу и управление лазерным излучением [4.38]. Излучатель предназначен для преобразования энергии накачки в лазерное излучение. Он содержит один или несколько лазерных элементов, помещенных в ОР. Активный элемент является основной функциональной частью излучателя, содержащей лазерное вещество, в котором в процессе накачки может быть создана активная среда. Лазерное вещество может находиться в газообразном, жидком и твердом состояниях. Соответственно различают: 1) газовые, 2) жидкостные, 3) твердотельные и 4) полупроводниковые лазеры.

Оптический резонатор в общем случае представляет собой систему отражающих, преломляющих, фокусирующих и других оптических элементов, в пространстве между которыми могут возбуждаться определенные типы колебаний электромагнитного поля оптического излучения. Он должен иметь минимальные потери на поглощение в рабочей части спектра (коэффициент отражения одной из поверхностей часто больше 0,99) и высокую оптическую точность узлов и их установки относительно друг друга.

Системы накачки представляют собой совокупность элементов, предназначенных для преобразования энергии и передачи ее от внешнего источника к лазерному элементу. Накачка осуществляется в основном тремя способами: 1) электрическим разрядом (газовые лазеры), 2) оптическим излучением (твердотельные и жидкостные) и 3) инжекцией — «впрыскиванием» электронов в p-n переход (полупроводниковые). Помимо этого существуют также газодинамические, химические и другие способы накачки.

Режим работы лазеров бывает непрерывный и импульсный, причем в последнем случае различают импульсно-периодический, дающий непрерывную серию импульсов, и импульсный, дающий одиночные импульсы излучения. Лазеры непрерывного действия характеризуются мощностью луча; импульсно-периодические — импульсной мощностью, длительностью, энергией импульса и частотой их повторения; импульсные — мощностью, длительностью и энергией импульса. В непре-

---

[1] Слово лазер было образовано из первых букв английских слов Light Amplification by stimulated emission of radiation (усиление света при помощи вынужденного излучения).

[2] В 1959 г. за разработку нового принципа генерации и усиления радиоволн, создание молекулярных генераторов и усилителей академикам Н. Г. Басову и А. М. Прохорову была присуждена Ленинская премия, а в 1964 г. они совместно с американским ученым Ч. Таунсом за фундаментальные исследования в области квантовой электроники были удостоены Нобелевской премии по физике (см. также следующую сноску).

[3] Государственный комитет по делам изобретений и открытий СССР выдал В. А. Фабриканту М. М. Вудынскому и Ф. А. Бутаевой диплом на открытие за № 12 с приоритетом от 1951 г. «на способ усиления электромагнитного излучения (ультрафиолетового, видимого, инфракрасного и радиодиапазонов волн), основанный на использовании явления индуцированного испускания».

Таблица 4.38. Некоторые параметры лазеров [4.35—4.37]

Тип лазеров	Длина волны, мкм	Режим работы	Порог генерации	Мощность лазерного излучения, Вт	Частота импульсов, Гц	Длительность импульсов	КПД, %	Расходимость лучей, мрад
Газовые атомные гелий-неоновые	0,63	Н	(0,2—0,4) А/см^2	10^{-3}—10^{-1}	—	—	0,05	0,5—3
Ионные — аргоновые	0,488; 0,515	Н	(50—100) А/см^2	0,1—10^2	—	—	0,1	0,5—1,5
Молекулярные на CO_2 отпаянные	10,6	Н	(0,01—0,03) А/см^2	10—10^2	—	—	5—10	5—10
продольно-прокачные		Н		10^2—10^3	—	—		
		И		10^6—10^9*	25—100	1—10 мкс	15—20	2—5
Твердотельные на рубине	0,693	ИСГ	(100—400) Дж	10^2—10^6	0,01—10	0,5—2 мс	1	10—40
на неодимовом стекле	1,058	ИСГ	(100—250) Дж	10^4—10^6*	0,003—0,01	1—20 мс	5—6	3—6
на ИАГ: Nd^{3+}	1,06	Н	0,5 кВт	10—10^3			2—3	
		ИСГ	(10—50) Дж	10^5—10^7*	10—10^2	0,1—1 мкс	1,5—2	5—10
Полупроводниковые на арсениде галлия	0,84	И	10^4 А/см^2 (T=77K)	2—70*	(0,5—5)10^3	100—200 ис	До 50	3×10^9
Жидкостные на красителях	0,34—0,89	И			0,03—25	0,3—3 мкс	До 50	

* Импульсная мощность.

Примечание. Условные обозначения режимов работы: Н — непрерывный; И — импульсный; ИСГ — импульсный, режим свободной генерации.

рывном и импульсно-периодическом режимах увеличение мощности луча обычно ограничивается возможностями отвода теплоты, выделяющейся в активном элементе. При этом количество теплоты определяется не импульсной, а средней мощностью. В режиме одиночных импульсов предел мощности импульса определяется главным образом стойкостью лазерных материалов к сильному световому полю.

Импульсные лазеры могут работать в нескольких режимах. В режиме *свободной генерации* импульс лазерного излучения самопроизвольно возникает после начала и прекращается после окончания импульса накачки. Поэтому длительность лазерного излучения в значительной мере определяется длительностью импульса накачки. Лазеры с относительно большой продолжительностью жизни верхнего уровня (твердотельные и на CO_2) могут работать в режиме так называемой *модулированной добротности*. С этой целью в ОР вводится элемент, мгновенно отпирающий ОР перед самым концом импульса накачки, благодаря чему удается накопить большую концентрацию на верхнем уровне и увеличить мощность импульса лазерного излучения в 10^3—10^4 раз и уменьшить длительность в 10^5—10^6 раз. В этом режиме снижается КПД [4.33].

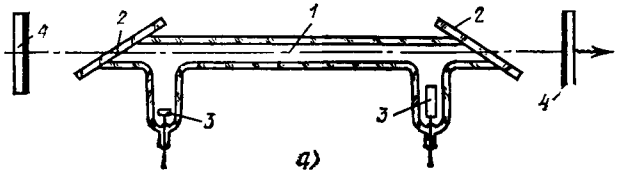
Основные технические параметры наиболее распространенных лазеров даны в табл. 4.38.

Газовые лазеры [4.37] могут давать излучение в весьма широком диапазоне длин волн — от 100 нм до 1,2 мкм. Их излучение обладает наименьшими углами расхождения, наибольшей монохроматичностью и стабильностью частоты. Они могут работать как в импульсном, так и в непрерывном режиме. Недостатком является значительно меньшая мощность излучения с единицы объема активного элемента, чем у твердотельных или жидкостных лазеров. В промышленных типах накачка осуществляется главным образом электрическим разрядом. Существует три основных типа газоразрядных лазеров: 1) атомарный, в котором используются лазерные переходы между энергетическими уровнями возбужденных нейтральных атомов (ИК и частично видимая области), 2) ионный — на возбужденных ионах (УФ и видимая области) и 3) молекулярный — на возбужденных молекулах (ИК область). Типичными представителями лазеров первого типа являются гелий-неоновые, второго — ионные (аргоновые) и третьего — лазеры на CO_2. Существует также много лазеров каждого типа на других газах, парах и смесях.

Гелий-неоновый лазер представляет собой стеклян-

ную трубку диаметром 1—5 мм, длиной 0,3—2 м, наполненную смесью He с Ne до давления 100—400 Па и помещенную в ОР (рис. 4.101, *а*). Накачка происходит в разряде на постоянном токе или СВЧ (200 МГц). Атомы He возбуждаются при соударениях с быстрыми электронами и, сталкиваясь с атомами Ne передают им свою энергию (рис. 4.101, *б*). Индуцированное излучение возникает в близкой ИК (около 1,15 мкм) и красной (около 0,63 мкм) областях спектра.

Ионные лазеры являются наиболее мощными источниками лазерного излучения в видимой и УФ об-



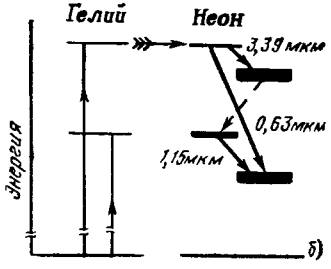


Рис. 4.101. Гелий-неоновый лазер.

а — схематический вид излучателя (продольный разрез): *1* — разрядная трубка; *2* — окна, расположенные под углом Брюстера для уменьшения потерь излучения; *3* — электроды (катод и аиод); *4* — зеркала внешнего оптического резонатора; *б* — упрощенная схема энергетических уровней (жирные стрелки — вынужденные переходы).

ластях спектра. Практический интерес представляют лазеры на зелено-голубых линиях ионизованного аргона (Ar II) (см. табл. 4.38). Значительно реже применяют лазеры на красной (647 нм) и желтой (521 им) линиях Kr II, на голубой (442 нм) и УФ линиях Cd II и УФ линиях Ne II, Ar III, Kr III. Сильная (двух- и трехкратная) ионизация создается в разряде путем пропускания постоянного тока большой плотности (до 300—500 А/см²) через длинный (30—70 см) капилляр (2—3 мм) из материала с высокими нагревостойкостью и теплопроводностью, например бериллиевой керамики; применяют также набор графитовых шайб, разделенных изолирующими кольцами [4.37]. Для увеличения плотности тока разряд помещают в продольное магнитное поле (до 10^5 А/м). Разрядное устройство охлаждается проточной дистиллированной водой. Поток электронов в капилляре увлекает за собой газ от катода к аноду. Чтобы обеспечить обратную циркуляцию газа, анодный конец капилляра за пределами разрядного канала соединяют с катодным при помощи трубки (рис. 4.102) или другим путем.

Молекулярные лазеры на CO_2 являются наиболее мощными генераторами излучения в ИК области и обладают наиболее высокими КПД (см. табл. 4.38). Обычно используют генерацию на $\lambda = 10{,}6$ мкм. Для повышения эффективности излучения к CO_2 добавляют азот (N_2) и гелий (He), а также пары воды.

Активный элемент *отпаянных лазеров на* CO_2 представляет собой охлаждаемую водой стеклянную трубу большой длины, внутри которой происходит разряд. Давление газов 0,1—1 кПа. Мощность луча в непрерывном режиме несколько сот ватт. *Продольно-прокачные лазеры* (с прокачкой газа вдоль трубы) дают мощности луча порядка 1 кВт. *Поперечно-прокачные* обеспечивают еще большие мощности, порядка нескольких киловатт. Они работают с поперечной по отношению к направленню луча прокачкой газа и с поперечным разрядом при давлениях около 0,1 МПа. Повышение давления позволяет сократить длину оптически активного участка до 0,5—1 м.

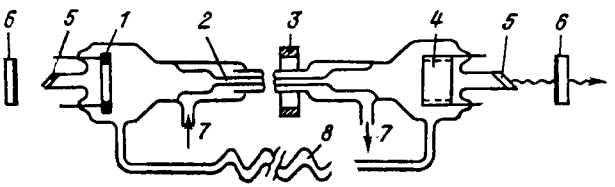


Рис. 4.102. Схематический вид излучателя ионного (аргонового) лазера (продольный разрез).

1 — катод; *2* — разрядный капилляр; *3* — магниты; *4* — анод; *5* — окна (под углом Брюстера); *6* — зеркала внешнего оптического резонатора; *7* — вход и выход для жидкости, охлаждающей капилляр; *8* — трубка для циркуляции Ar.

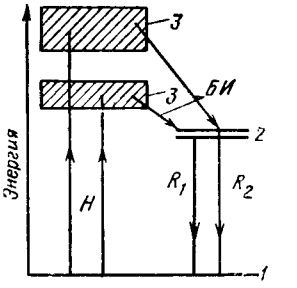


Рис. 4.103. Упрощенная схема энергетических уровней, связанных с лазерным излучением на рубине (*1* — основное; *2* — нижние энергетические состояния иона Cr^{3+} в рубине). *Н* — оптическая накачка; *БИ* — безызлучательные переходы (нагрев кристалла): R_1, R_2 — лазерное излучение (694, 693 нм).

Твердотельные лазеры [36, 4.38] дают излучение в красной и близкой ИК областях спектра. Степень монохроматичности излучения хуже, расходимость луча больше, чем в газовых. В качестве лазерных веществ наиболее распространены искусственные монокристаллы рубина (Al_2O_3, активированный трехвалентными ионами хрома (Cr^{3+}), дающего генерацию на $\lambda = 0{,}694$ мкм (рис. 4.103), и *иттрий-алюминиевого граната* (ИАГ), активированного трехвалентными ионами неодима ($Y_3Al_5O_{12}:Nd^{3+}$), а также *неодимовые стекла* (специальные силикатные или фосфатные стекла с добавкой 1—6 % окиси неодима), дающие генерацию на $\lambda \cong 1{,}06$ мкм. Вообще в твердотельных и жидкостных веществах генерация происходит на активирующих присадках, в то время как большинство остальных свойств определяется основным материалом. Активные элементы обычно имеют форму стержней. Их торцы используются как ОР. Иногда применяют и внешние ОР.

Возбуждение осуществляется путем оптической накачки. Светооптическое устройство концентрирует излучение специальной лампы или ламп на активном элементе (рис. 4.104). Эффективность системы накачки зависит от степени соответствия спектра лампы спектру поглощения активного элемента, от КПД лампы и светооптической системы и доли излучения, поглощаемого активным элементом. Большинство твердотельных лазеров работает в импульсном режиме, так как для накачки, при которой возникает генерация, требуется создавать на активном элементе весьма большие облученности (десятки Вт/см²), их удается получать только в импульсном режиме при помощи специальных импульсных ламп для накачки. Кроме того, при необходимых уровнях облученностей в непрерывном режиме в активных элементах выделяются такие количества теплоты, которые вызывают перегрев. Исключение составляют лазеры на ИАГ, которые благодаря низкому по-

рогу генерации и высокой теплопроводности ИАГ могут работать в импульсно-периодическом и непрерывном режимах.

Полупроводниковые лазеры (ППЛ) [36, 4.39] обладают следующими особенностями: очень малыми размерами излучающей области (около 0,1—2 мм××10 мкм), весьма высокими КПД (50—60 %), малыми мощностями, меньшей когерентностью, направленностью (1—6°) и монохроматичностью луча (примерно 5 нм), чем у твердотельных и газовых лазеров. Работают ППЛ преимущественно в импульсном режиме и при очень низких температурах — это связано с необходимостью обеспечить теплоотвод и с тем, что при понижении температуры генерация возникает при меньших плотностях тока, например 10^4 А/см^2 при 77 К и 600 А/см^2 при 4,2 К. В качестве активных сред наиболее широко применяют *p-n* переходы на арсениде галлия, генерирующие излучение с $\lambda \cong 0{,}84$ мкм, и на сплаве арсенида и фосфида галлия. Возбуждение *p-n* перехода осуществляется путем инжекции электронов (см. п. 4.4.2). В настоящее время разработаны ППЛ на гетероструктурах, которые могут работать при комнатной температуре.

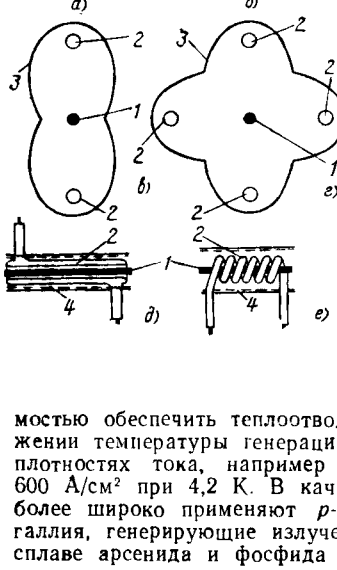


Рис. 4.104. Наиболее распространенные схемы светооптических устройств, концентрирующих излучение накачки на активном элементе.

а — цилиндрические; *б*—*г* — эллипсоидные (*в* и *г* — применяются для лазеров с большой энергией); *д* и *е* — коаксиальные; *1* — активный элемент; *2* — лампы накачки; *3* — отражатель; *4* — диффузно отражающее покрытие.

Жидкостные лазеры [4.36] в принципе сочетают в себе достоинства газовых и твердотельных лазеров. Они имеют большие объемные плотности активаторов; с их помощью легко создавать большие объемы активного вещества требуемой формы и достаточно однородные по составу и свойствам; циркуляция жидкости позволяет решать проблему охлаждения, производить обновление жидкости. Недостатком является быстрое разрушение активной жидкости под действием излучения. Наиболее распространены лазеры на растворах органических красителей. Их основные достоинства — возможность получать генерацию излучения практически на любых длинах волн — от 0,35 до 1 мкм. При помощи специальных устройств в ОР можно производить плавное изменение (перестройку) генерируемой длины волны в пределах полосы люминесценции красителя (например, у родамина 6Ж от 0,56 до 0,62 мкм), а путем использования кювет с различными красителями изменять область генерации. Ширина линии излучения около 20 нм. При использовании дифракционной решетки или интерферометра в ОР она может быть уменьшена до 0,01—1 нм. Применяют также растворы сложного химического состава с ионами редкоземельных металлов (преимущественно Nd^{3+} с $\lambda \approx 1{,}06$ мкм). Их достоинством является то, что $\Delta\lambda$ остается в пределах 0,1 нм, даже при больших превышениях порога генерации (в неодимовом стекле при этом $\Delta\lambda$ уширяется до 8—10 нм).

Оптическая накачка лазеров на красителях может осуществляться только источниками с малой длительностью вспышки, например специальными импульсными лампами с длительностями вспышки порядка нескольких микросекунд или лазерами, в частности аргоновым (около 0,3 мкс). Накачка происходит с высоким КПД (40—50 %).

Области применения лазеров чрезвычайно разнообразны и определяются свойствами лазерного луча. Среди них — области, связанные с передачей информации, с метрологическими задачами, с технологическими процессами, с медициной, с исследованиями взаимодействия излучения с веществом, и многие другие, продолжают расширяться. Для технологических целей в светотехнических облучательных установках наибольшее применение находят лазеры на CO_2 и твердотельные на неодимовых стеклах и ИАГ (см. разд. 17).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

4.1. **Иванов А. П.** Электрические источники света. М.—Л.: Госэнергоиздат, 1955. — 288 с.

4.2. **ГОСТ 23583-79.** Лампы разрядные. Общие технические условия.

4.3. См. [3.23, 3.24].

4.4. **ГОСТ 23198-78.** Лампы газоразрядные. Методы измерения спектральных и цветовых характеристик.

4.5. См. [3.22].

4.6. **Денисов В. П.** Производство электрических источников света. — М.: Энергия, 1975. — 488 с.

4.7. **Ульмишек Л. Г.** Производство электрических ламп накаливания. — М.: Энергия, 1966. — 640 с.

4.8. **Криксунов Л. З.** Справочник по основам инфракрасной техники. — М.: Советское радио 1978 — 400 с.

4.9. **ГОСТ 19190-73.** Лампы накаливания электрические. Общие технические условия.

4.10. **СТ СЭВ 783-77.** Цоколи для источников света. Типы. Основные и присоединительные размеры. Калибры. **ГОСТ 17100-79.** Цоколи для источников света. Технические условия.

4.11. **Литвинов В. С., Пляскин П. В.** Соотношение газоразрядных и тепловых источников света в промышлением освещении. — Электротехническая промышленность. Светотехнические изделия, 1976, № 1(37). — М.: Информэлектро, с. 1—2.

4.12. **Пляскин П. В.** О перспективах развития ламп накаливания общего назначения. — Светотехника, 1972, № 10, с. 4—8.

4.13. **Вавилов С. И.** О «теплом» и «холодном» свете. — М.: Изд-во АН СССР, 1949. — 75 с.

4.14. **Фабрикант В. А.** Физика и техника люминесцентных ламп. — Успехи физических наук, 1945, т. 27, вып. 2, с. 159—198.

4.15. **Бутаева Ф. А., Фабрикант В. А.** О резонансном излучении разряда в смеси паров ртути и аргона. — Изв. АН СССР. Сер. физ., 1945, т. IX, № 3, с. 290.

4.16. **Федоров В. В.** Безртутные люминесцентные лампы. — Светотехника, 1968 № 4, с. 18

4.17. **Марковский Л. Я., Пекерман Ф. М., Петошина Л. И.** Люминофоры. — М.: Химия, 1966. — 282 с.

4.18. **Федоров В. В.** Производство люминесцентных ламп. — М.: Энергия, 1981. — 232 с.

4.19 **К вопросу о лампах с узкополосными спектрами излучения/Ф. А. Бутаева, И. Н. Дьяконова, Р. С. Иоффе, Е. П. Усвяцова, В. В. Федоров.** — Светотехника, 1980, № 10, с. 13—15.

4.20. **Лампы** газоразрядные. Каталог 09.5.01-80. — М.: Информэлектро, 1980.

4.21. **ГОСТ 20401-75.** Лампы дуговые ртутные трубчатые высокого давления.

4.22. **Волкова Е. Б., Рохлин Г. Н.** Натриевые лампы высокого давления — Светотехника, 1971, № 12, с. 1—5.

4.23. **ГОСТ 24169-80.** Лампы дуговые натриевые высокого давления. Общие технические условия.

4.24. **Сасоров В. П.** Мощные кинопроекционные ксеноновые лампы сверхвысокого давления разборного типа. — Техника кино и телевидения, 1965, № 12, с. 20—24

4.25. **Рабинович Г. И.** Металлическая ксеноновая лампа-светильник сверхвысокого давления мощностью 40—50 кВт. — Светотехника, 1969, № 9, с. 10—13.

4.26. **ГОСТ 19685-74.** Источники высокоинтенсивного оптического излучения. Система условных обозначений.

4.27. **Мартак И. С.** Современные высокоинтенсивные источники света. Итоги науки и техники. Светотехника и инфракрасная техника. — М.: ВИНИТИ, 1976, т. 4, 87 с.

4.28. **Мироненков В. В., Петрова Н. Л.** Газосветные установки. — Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979. — 112 с., ил. Б-ка светотехника; Вып. 4.

4.29. **Прикладная** электролюминесценция/О. Н. Казанкин и др.; Под ред. М. В. Фока. — М.: Советское радио, 1974.— 416 с.
4.30. **Белогловская Т. И., Ванина Т. В., Дудина Е. И.** Электролюминесцентные панели на основе усовершенствованных люминофоров различных марок. — Электротехническая промышленность. Светотехнические изделия. — М.: Информэлектро, 1980, № 6(66), с. 3—5.
4.31. **Берг А., Дин П.** Светодиоды: Пер. с англ. — М.: Мир, 1979. — 688 с.
4.32. **Чукова Ю. П.** Антистоксова люминесценция и новые возможности ее применения. — М.: Советское радио, 1980. — 192 с.
4.33. **Ищенко Е. Ф., Климков Ю. М.** Оптические квантовые генераторы. — М.: Советское радио, 1968. — 472 с.
4.34. **Фабрикант В. А.** Механизм излучения газового разряда. Тр. Всесоюзного электротехнического института; Вып. 41. Электронные и ионные приборы/Под ред. П. В. Гимофеева. — М.: Госэнергонздат, 1940, с. 236—296.
4.35. **Прохоров А. М.** О молекулярном усилителе и генераторе на субмиллиметровых волнах. — ЖЭТФ, 1958, т. 34, вып. 6, с. 1658—1659.
4.36. **Рябов С. Г., Торопкин Г. Н., Усольцев П. Ф.** Приборы квантовой электроники. — М.: Советское радио, 1976. — 310 с.
4.37. **Новик А. Е.** Газоразрядные лазеры. — М.: Радио и связь, 1982. — 120 с.
4.38. **ГОСТ 15093-75.** Изделия квантовой электроники. Лазеры и устройства управления лазерным излучением. Термины и определения.
4.39. **Квантовая** электроника. Маленькая энциклопедия. Отв. ред. М. Е. Жаботинский. — М.: Советская энциклопедия, 1969.— 432 с.

Раздел пятый

СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ

5.1. ВВЕДЕНИЕ

Световые приборы — исключительно широкая группа светотехнических изделий [36—38, 40]. Без современных СП нельзя рационально и высококачественно выполнить ОУ. Они являются основным техническим средством, обеспечивающим создание требуемых условий освещения и сигнализации во всех сферах народного хозяйства и быта людей. Без специальных СП невозможно освещение некоторых помещений (в частности, взрыво- и пожароопасных), удаленных объектов, световая сигнализация на больших расстояниях, концентрация светового потока на малых поверхностях или в малых объемах.

Эффективность использования электроэнергии в значительной степени определяется номенклатурой и параметрами СП. Выпуском СП заняты десятки тысяч человек, работающих более чем на 200 предприятиях; на изготовление СП расходуются огромные материальные ресурсы.

В ОУ используется более 1 млрд. различных СП. Для монтажа и систематической эксплуатации такого парка изделий требуется многочисленный обслуживающий персонал. Создание и правильное использование приборов, обеспечивающих повышение надежности работы и снижение трудоемкости монтажа и эксплуатации СП, имеют важное значение.

Световые приборы — электротехнические изделия, которые должны отвечать комплексу сложных требований [50—53, 5.1.—5.14], в числе которых не только специальные светотехнические требования, но и требования безопасности и надежности, монтажно-эксплуатационные требования, требования отсутствия различного рода помех, требования технической эстетики. Наряду с этим СП должны отвечать общим технико-экономическим требованиям. Световые приборы являются не только разнообразными функциональными изделиями, имеющими свои особенности разработки, производства и применения [5.15—5.25], но и архитектурными элементами, оказывающими значительное эмоциональное воздействие.

5.2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ. ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Световым прибором называется устройство, содержащее ИС (лампу) и *светотехническую арматуру* и предназначенное для освещения или световой сигнализации. (Светотехническая арматура осветительных приборов называется обычно *осветительной арматурой*). Светотехническая арматура перераспределяет свет ИС в пространстве или преобразует его свойства (изменяет спектральный состав излучения или поляризует его). Наряду с этим СП выполняет функции защиты ИС от воздействия окружающей среды, механических повреждений, обеспечивает крепление ИС и подключение к источнику питания.

Классификация СП осуществляется по главным и дополнительным признакам. К главным признакам относятся: основная светотехническая функция, характер светораспределения, условия эксплуатации и основное назначение.

По основной светотехнической функции СП разделены на приборы для освещения — *осветительные приборы* (ОП) и приборы для световой сигнализации — *светосигнальные приборы* (ССП) (СП могут совмещать обе эти функции); по характеру светораспределения все СП принципиально подразделяются на светильники, прожекторы и проекторы; по условиям эксплуатации — на СП для помещений, открытых пространств и для экстремальных сред. По основному назначению СП классифицируются в соответствии с рис. 5.1.

Светильник — это СП, перераспределяющий свет лампы (ламп) внутри больших телесных углов (до 4π) и обеспечивающий угловую концентрацию светового потока с коэффициентом усиления не более 30 для круглосимметричных и не более 15 — для симметричных приборов. Светильники предназначены, как правило, для освещения относительно близко расположенных объектов (находящихся на расстояниях, обычно меньших чем 20-кратные максимальные размеры светильников) или для сигнализации на небольших расстояниях.

В светильниках могут устанавливаться две или более ламп (в многоламповых люстрах, например, число ламп может исчисляться сотнями и даже тысячами). Светотехническая арматура для газоразрядных ламп включает обычно аппаратуру для зажигания и стабилизации работы ламп. Светильники для освещения (в отличие от сигнальных светильников), как правило, сокращенно называют светильниками.

Прожектор — СП, перераспределяющий свет лампы внутри малых телесных углов и обеспечивающий угловую концентрацию светового потока с коэффициентом усиления более 30 для круглосимметричных и более 15 для симметричных приборов. Прожекторы служат для освещения удаленных объектов, находящихся на расстояниях, в десятки, сотни и даже тысячи раз

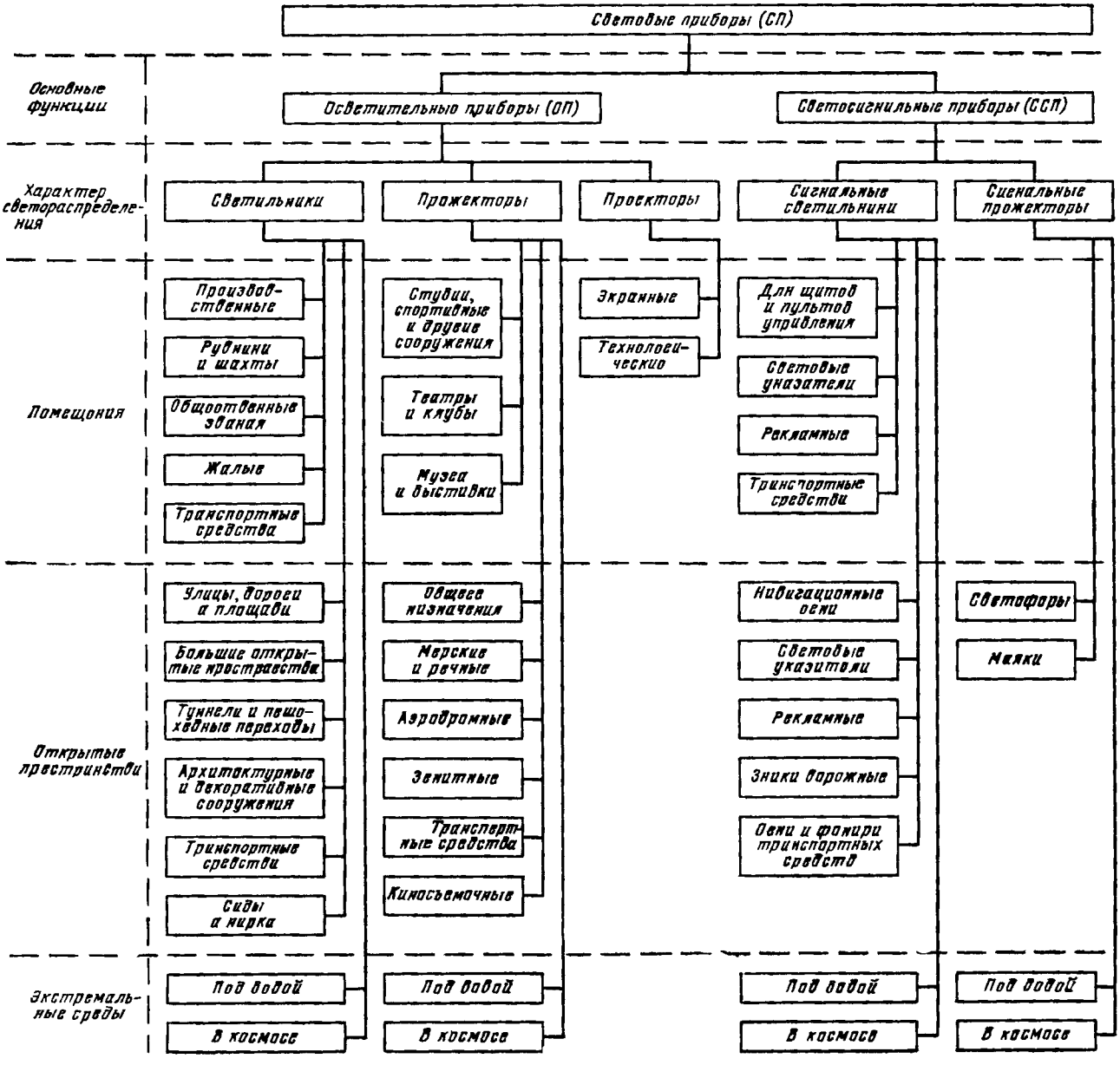


Рис. 5.1. Классификация СП по основному назначению.

превышающих размер прожектора, или для передачи световых сигналов на большие дистанции. В группе прожекторов необходимо выделить прожекторы общего назначения, поисковые прожекторы, маяки, светофоры и фары.

Прожекторы общего назначения предназначены для длительного освещения рабочих поверхностей и используются для освещения открытых пространств, фасадов зданий, архитектурных памятников и др.; распространенным для этой группы является название *прожекторы заливающего света*. *Поисковые прожекторы* являются прожекторами дальнего действия, предназначенными для кратковременного освещения сильно удаленных объектов с целью их обнаружения; они могут использоваться в качестве зенитных, морских и других прожекторов.

Световые маяки (аэродромные, морские, речные, навигационные и др.) осуществляют световую сигнализацию о расположении маяка.

Светофоры используются для передачи световых сигналов, регулирующих движение транспорта и людей. *Фары* — СП прожекторного типа, устанавливаемые на транспортных средствах для освещения дороги.

Проектор — СП, перераспределяющий свет лампы с концентрацией светового потока на поверхности малого размера или в малом объеме. Проекторы являются в основном осветительной частью светопроекционных приборов, концентрирующей световой поток на кадро-

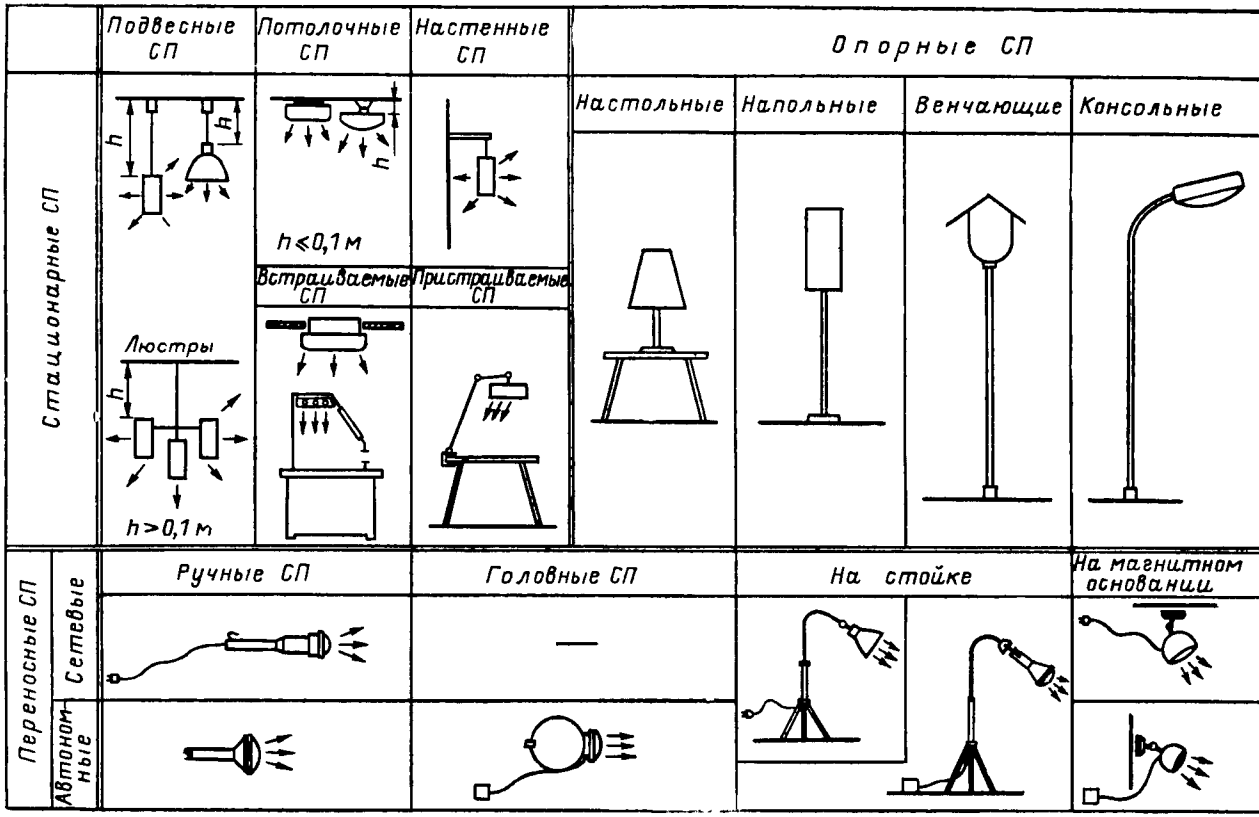


Рис. 5.2. Классификация СП по способу установки.

вом окне, в котором расположен рисунок или диапозитив, отображаемый объективом на экране (экранные проекторы). В настоящее время широкое распространение находят технологические проекторы (концентраторы), предназначенные для лучистого нагрева объектов, например испарения жидкостей, плавки металлов, накачки лазеров. *Экранные проекторы* подразделяются на *эпископы, диаскопы и эпидиаскопы.* Эпископы предназначены для проецирования на экран поверхностей, посылающих в объектив отраженный световой поток (рисунков, чертежей и др.). В диаскопах проецируемая поверхность (диапозитив, кинокадр) посылает в объектив прошедший через нее световой поток. Эпидиаскопы могут работать и как эпископы, и как диаскопы.

Дополнительными признаками классификации СП являются:

вид лампы (ЛН, ГЛ, лампы смешанного света, радиоизотопные и электролюминесцентные источники света, электрические дуговые угольные лампы);

конкретная светотехническая функция (табл. 5.1 для ОП);

форма фотометрического тела (симметричные, круглосимметричные и несимметричные СП);

класс светораспределения (в соответствии с ГОСТ 13828-74) [51];

тип КСС (в соответствии с ГОСТ 13828-74) [51];

возможность перемещения при эксплуатации (стационарные, переносные и передвижные);

способ установки СП (в соответствии с ГОСТ 16703-79) (рис. 5.2) [52];

класс защиты от поражения электрическим током (в соответствии с ГОСТ 12.2.007.13-75) [5.14];

Таблица 5.1. **Классификация осветительных приборов (светильников и прожекторов) в зависимости от конкретной светотехнической функции**

Светильники	Прожекторы
Общего освещения	Заливающего освещения
Местного освещения	Акцентирующего освещения
Комбинированного освещения	Для поиска и обнаружения объектов
Декоративного освещения	Для освещения направления движения транспортных средств
Освещения для ориентирования	
Экспозиционного освещения	

исполнение для работы в определенных условиях эксплуатации;

степень защиты от пыли и воды (для светильников в соответствии с ГОСТ 13828-74 и для прожекторов и проекторов по ГОСТ 14254-69) [50, 51];

способ питания лампы (сетевой, от индивидуального источника питания, комбинированное питание);

возможность изменения положения оптической системы (подвижные, неподвижные);

возможность изменения светотехнических характеристик (регулируемые, нерегулируемые);

способ охлаждения (с естественным охлаждением, с принудительным охлаждением).

По исполнению для работы в определенных условиях эксплуатации СП подразделяются с учетом следующих признаков:

а) по климатическому исполнению и категории размещения (в соответствии с ГОСТ 15150-69);

б) по доминирующему воздействующему фактору: температуре и относительной влажности воздуха (в соответствии с ГОСТ 16962-71) [5.8];

механическим воздействиям (в соответствии с ГОСТ 16962-71) [5.8];

по особым факторам среды (в соответствии с ГОСТ 15150-69 применительно к каждому конкретному случаю) [5.7];

по наличию заметных концентраций химически активных веществ (применительно к каждому конкретному случаю);

по взрывоопасности среды (в соответствии с ГОСТ 12.27020-76 и ПИВРЭ) [5.9, 53].

Световыми комплексами (СК) называются устройства, состоящие из набора СП, отдельных оптических элементов, конструктивных, электротехнических или других деталей, сборочных единиц или блоков, собираемых у потребителя, выполняющие свои функции только в собранном виде и предназначенные для освещения или сигнализации.

Подобно классификации СП, СК подразделяются по основной светотехнической функции, по общим условиям эксплуатации и по основному назначению (СК внутренние — рекламно-информационные, для транспортных средств, светящие потолки, мнемосхемы, СК со щелевыми световодами, гирлянды; СК наружные — рекламно-информационные, для транспортных средств, аэродромные, гирлянды).

Необходимо подчеркнуть, что главные признаки классификации СП являются самостоятельными и независимыми. Таким образом, могут существовать как светильники, так и прожекторы, и для освещения, и для световой сигнализации, при этом указанные приборы могут быть предназначены как для применения внутри зданий, так и для использования на открытых пространствах.

Выше был использован ряд терминов, требующих дополнительных разъяснений [52]. Светильниками общего освещения называются светильники, предназначенные для общего освещения помещения и открытых пространств; светильниками местного освещения — светильники, рассчитанные в основном на освещение рабочих поверхностей; светильниками комбинированного освещения — приборы, создающие (поочередно или одновременно) как общее, так и местное освещение.

Стационарный СП — прибор, закрепленный на месте установки, для снятия которого требуется применение инструмента. *Нестационарный СП* может быть снят с места установки без применения инструмента и перемещен на другое место. *Переносный СП* — нестационарный прибор с индивидуальным источником питания или отключаемый при перемещениях.

Необходимо отметить, что использовавшиеся ранее термины «бра» (синоним настенного светильника), «торшер» (напольный светильник), «плафон» (потолочный светильник) являются недопустимыми к применению. Под встречающимся в светотехнической литературе термином «декоративный светильник» понимается светильник, являющийся в основном декоративным элементом интерьера или экстерьера и играющий ограничению роль в создании необходимых условий освещения, а «ночником» принято называть светильник, обеспечивающий возможность ориентации в помещении в темное время суток.

Под экстремальными условиями среды понимаются такие, когда одна или несколько характеристик среды имеют значения, резко превышающие значения для других условий (например, температура существенно выше +40 или ниже —60 °С, имеет место абсолютный вакуум или СП погружен в воду).

5.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ЧАСТНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

5.3.1. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Светораспределение СП — важнейшая светотехническая характеристика СП, определяющая распределение его светового потока в пространстве, окружающем СП. Прожекторы и светильники, используемые на относительно больших расстояниях от освещаемых объектов, во много раз превышающих размеры самих приборов, характеризуются распределением силы света — пространственной плотностью светового потока. Светильники же местного освещения, устанавливаемые на относительно небольших расстояниях от освещаемой

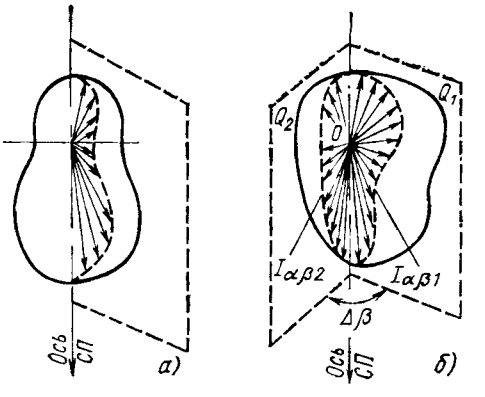


Рис. 5.3. Симметричные (*а*) и несимметричные (*б*) фотометрические тела световых приборов.

поверхности, соизмеримых с размерами этих приборов, характеризуются распределением освещенности — плотностью светового потока по поверхности.

Светораспределение прожекторов и светильников общего освещения обусловливается формой фотометрического тела СП и описывается *кривыми силы света* (КСС). При этом под *фотометрическим телом* СП понимают геометрическое место концов радиусов-векторов, выходящих из светового центра прибора, длина которых пропорциональна силе света прибора в соответствующем направлении, а кривой силы света называют кривую зависимости силы света СП от меридиональных и экваториальных углов, получаемую сечением фотометрического тела СП плоскостью.

В зависимости от формы фотометрического тела СП подразделяются на симметричные (рис. 5.3, *а*), фотометрическое тело которых имеет ось или плоскость симметрии, и несимметричные (рис. 5.3, *б*), отличающиеся отсутствием симметрии фотометрического тела. К первой группе СП относятся круглосимметричные прожекторы и светильники, фотометрическое тело которых имеет ось симметрии, концентрирующие световой поток в конусе (рис. 5.4, *а*), а также светильники, направляющие световой поток достаточно равномерно в пределах всего окружающего пространства (рис. 5.4, *в*, *г*). К симметричным приборам относятся, например, имеющие две плоскости симметрии светильники с линейными лампами (ЛЛ, ксеноновыми, ГЛН и др.) и прожекторы с линейными лампами, концентрирующие световой поток в веере, а также имеющие одну плоскость симметрии светильники типа «Кососвет» (рис. 5.4, *б*, *д*, *ж*).

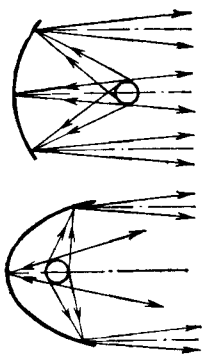
Классификация оптических систем наиболее распространенных СП приведена в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Классификация оптических систем СП

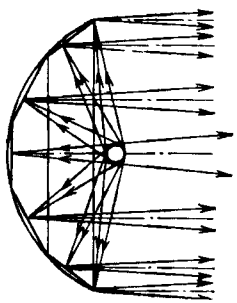
I. Оптические системы, концентрирующие световой поток в конусе

IA. Отражающие системы

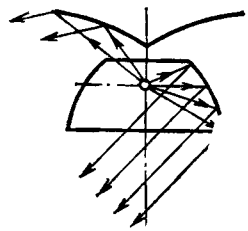
Зеркальный параболоидный отражатель — два варианта по углу охвата (прожектор)



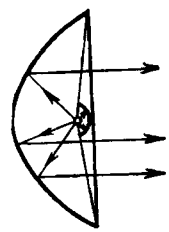
Зеркальный пластинчатый (фацетный) параболоидный отражатель (прожектор)



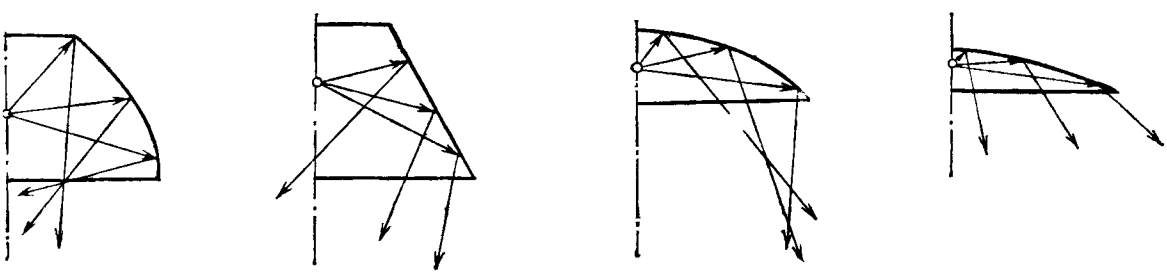
Двойной зеркальный отражатель расчетной формы (светильник)



Зеркальный параболоидный отражатель и зеркальный контротражатель (прожектор)

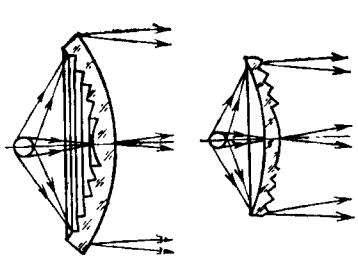


Зеркальный отражатель расчетной формы (четыре схемы хода отраженных лучей — светильники)



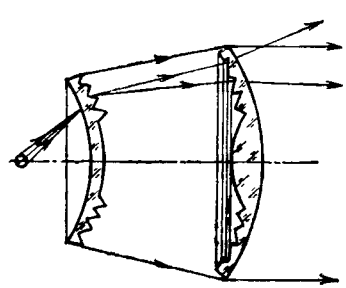
IБ. Преломляющие системы

Френелевская дисковая линза с криволинейным несущим слоем, с призмами на внутренней и наружной поверхностях (прожектор)



Вариант 1 *Вариант 2*

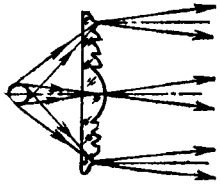
Двойная френелевская дисковая линза (прожектор)



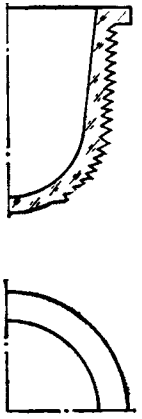
Продолжение табл. 5.2

Призматические рассеиватели (светильники)

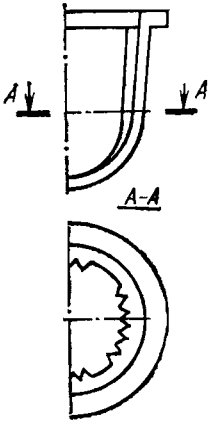
Френелевская дисковая линза с прямым несущим слоем (прожектор)



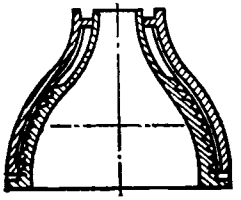
круглосимметричный преломлятель



симметричный преломлятель

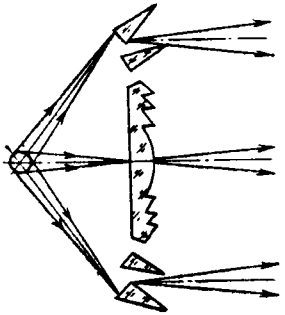


двойной преломлятель

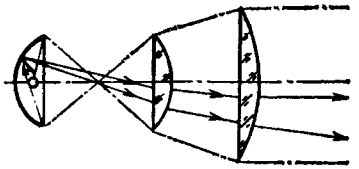


IB. Комбинированные системы

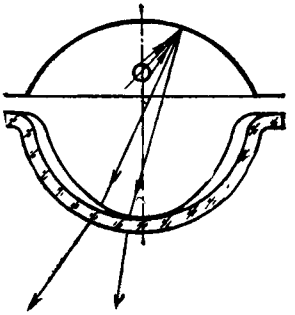
Френелевская дисковая линза с катадиоптрическими элементами (прожектор)



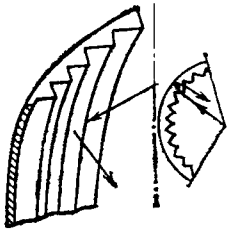
Зеркальный эллипсоидный отражатель с двойной дисковой линзой (прожектор)



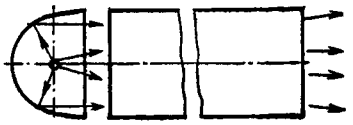
Зеркальный отражатель расчетной формы и призматический рассеиватель (светильник)



Призматический отражатель (светильник)



Зеркальный эллипсоидный отражатель и торцевой световод (светильник)

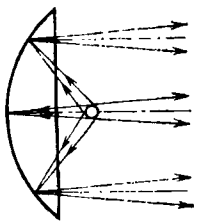


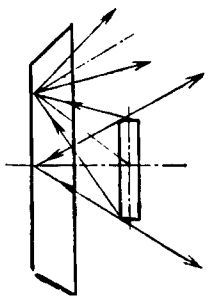
Продолжение табл. 5.2

II. Оптические системы, концентрирующие световой поток в веере

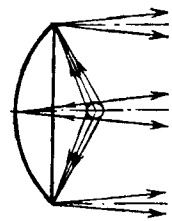
IIA. Отражающие системы

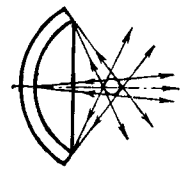
Зеркальный параболоцилиндрический отражатель (прожектор, светильник)



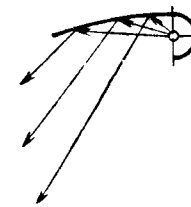


Зеркальный параболокруговой отражатель (прожектор)

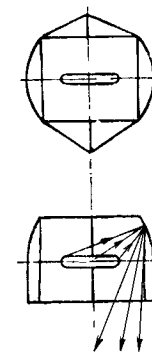




Зеркальный цилиндрический отражатель расчетного профиля (светильник)

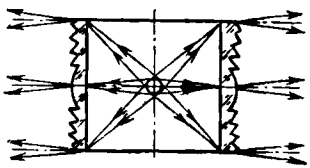


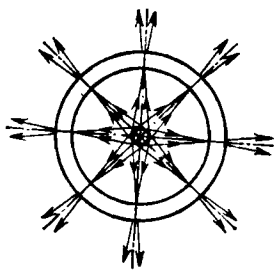
Зеркальный наборный отражатель расчетного профиля (светильник с наклонно или горизонтально расположенной лампой)



IIБ. Преломляющие системы

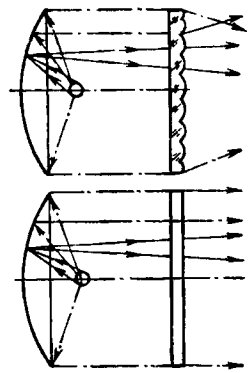
Френелевская цилиндрическая линза (прожектор)



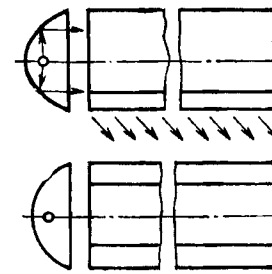


IIВ. Комбинированные системы

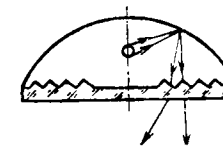
Зеркальный отражатель с линзовым рассеивателем (прожектор)



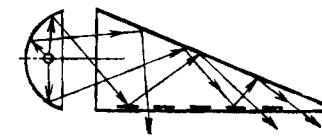
Зеркальный параболоидный отражатель со щелевым цилиндрическим световодом (светильник, осветительные устройства)



Зеркальный отражатель расчетного профиля с призматическим рассеивателем (прожектор, светильник)



Зеркальный цилиндрический отражатель расчетного профиля с плоским световодом (светильник, осветительное устройство)

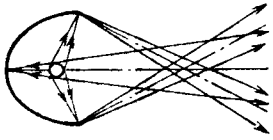


Продолжение табл. 5.2

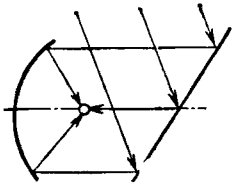
III. Оптические системы, концентрирующие световой поток в объеме на некотором участке оптической оси

IIIA Отражающие системы

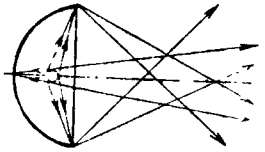
Зеркальный эллипсоидный отражатель (прожектор)



Зеркальный параболоидный отражатель с плоским зеркалом (проектор технологический — например, солнечная печь)

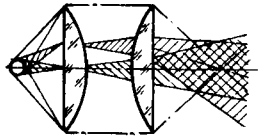


Зеркальный сферический отражатель (проектор)



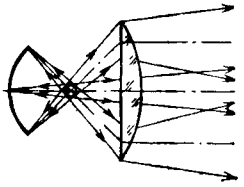
IIIБ. Преломляющие системы

Двойной линзовый конденсор (проектор)



IIIВ. Комбинированные системы

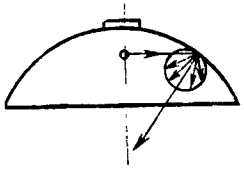
Зеркальный отражатель с линзовым конденсором (проектор)



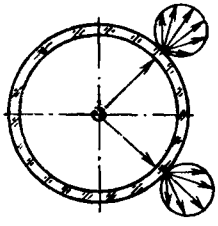
IV. Оптические системы светильников, перераспределяющих световой поток без значительных концентраций

IVA. Диффузные системы

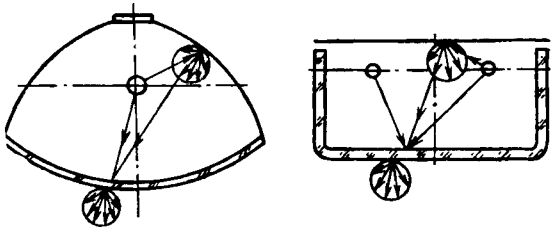
Диффузно отражающие: куполообразный диффузный отражатель (или отражатель со смешанным отражением)



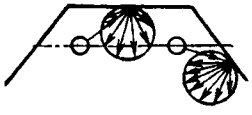
Диффузно пропускающие: замкнутый рассеиватель (светильники)



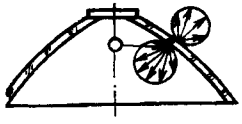
Комбинированные: диффузный отражатель и диффузный рассеиватель (светильники)



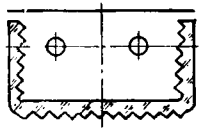
коробчатый диффузный отражатель (светильник с линейными лампами)



разомкнутый рассеиватель-отражатель (светильники)

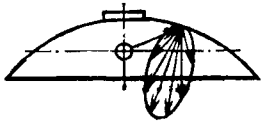


диффузный отражатель и призматический рассеиватель (светильник)

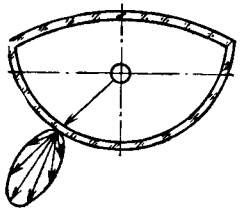


IVБ Направленнорассеивающие системы

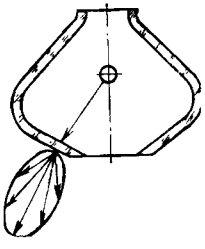
Направленно-рассеянно отражающие: куполообразный матированный отражатель (светильник)



Направленно-рассеянно пропускающие: матовый или матированный замкнутый рассеиватель (светильник)

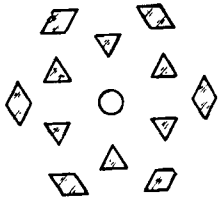


матовый или матированный разомкнутый рассеиватель (светильник)



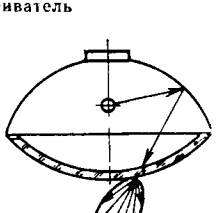
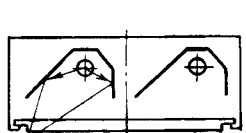
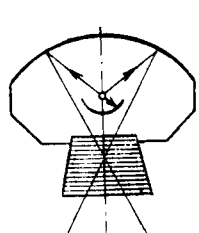
IVГ Декоративные системы

С гранеными преломляющими элементами (светильник



Продолжение табл. 5.2

IVB Комбинированные системы (светильники)

Зеркальный отражатель расчетного профиля и матовый (матированный) рассеиватель	Комбинированный диффузный и матовый (матированный) рассеиватель	Зеркальный отражатель расчетного профиля и экранирующая решетка с диффузно отражающими или пропускающими элементами	Зеркальный отражатель, контротражатель и набор диафрагм
			

Для характеристики светораспределения СП, особенно светильников, имеющих КСС с четко выраженным максимумом, часто применяют термин *коэффициент усиления* $K_{y\alpha}$, характеризующий усиление светильником силы света лампы в данном направлении. При этом для круглосимметричных приборов $K_{y\alpha}$ определяется отношением силы света СП в данном направлении к среднесферической силе света $I_{л\ominus}$ круглосимметричной лампы:

$$K_{y\alpha} = I_\alpha / I_{л\ominus} = I_\alpha \cdot 4\pi / \Phi_л.$$

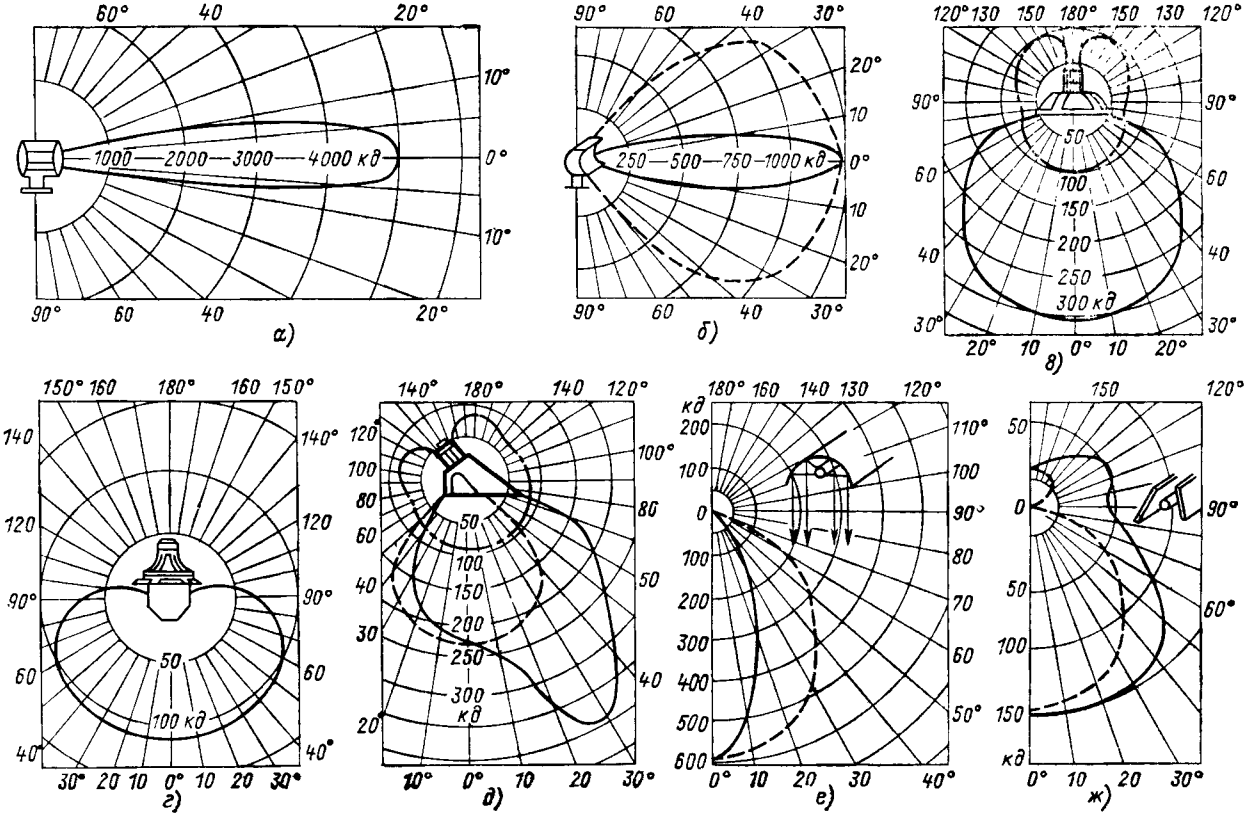


Рис. 5.4. Кривые силы света.

а — круглосимметричных прожекторов; *б* — симметричных прожекторов с двумя плоскостями симметрии с веерным пучком; *в* — круглосимметричных светильников; *г* — круглосимметричных светильников, равномерно рассеивающих световой поток в нижней полусфере; *д* — светильников типа «Кососвет» с одной плоскостью симметрии; *е, ж* — симметричных светильников с двумя плоскостями симметрии: ———— — в главной поперечной плоскости (для *б, е, ж*) и меридиональной плоскости чертежа (для *д*); — — — — в главной продольной плоскости и меридиональной плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа, соответственно; —·—·— КСС лампы.

Для симметричных СП с линейными лампами коэффициент усиления определяется отношением силы света светильника в данном направлении к силе света лампы (ламп) в этом же направлении:

$$K_{y\alpha} = I_\alpha / I_{л\alpha}.$$

Как правило, под коэффициентами усиления понимают максимальные их значения для СП, т. е.

$K_{y max} = I_{max}/I_{л max}$ (для СП с двумя плоскостями симметрии);

$K_{y max} = I_{max}\, 4\pi/\Phi_л$ (для симметричных СП).

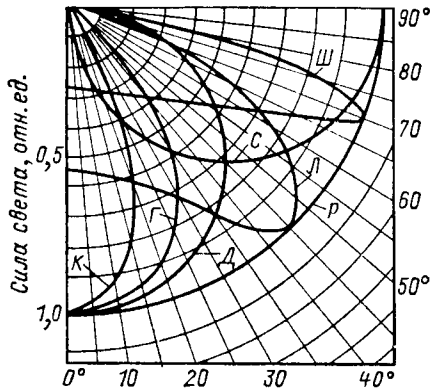


Рис. 5.5 Типы КСС (в относительных единицах) по ГОСТ 13828-74.

Для того чтобы иметь возможность сравнивать КСС СП, имеющих различные число, мощность и цветность ламп, эти кривые строят обычно для условной лампы со световым потоком, равным 1000 лм (для многоламповых приборов 1000 лм — суммарный поток n ламп). Значение силы света СП с известными лампами, работающими в условиях данного прибора, получают умножением значений силы света, найденных из КСС, на фактический световой поток установленных в СП ламп (в килолюменах).

Для описания светораспределения любого круглосимметричного СП достаточно одной меридиональной КСС, а для симметричных СП необходимо семейство меридиональных КСС для различных меридиональных плоскостей, число которых выбирается исходя из формы фотометрического тела. Для СП с двумя плоскостями симметрии (прежде всего для светильников и прожекторов с линейными лампами) обычно ограничиваются КСС только в двух главных плоскостях — продольной и поперечной (рис. 5.4). Для большого числа случаев применения СП необходимо знать их КСС не только в нижней, но и в верхней полусфере пространства.

Многообразие КСС симметричных СП охватывается светотехнической классификацией этой самой крупной группы СП [51]. В основу классификации положены два независимых признака светораспределения светильников: соотношение световых потоков, направляемых в разные полусферы, и форма КСС.

По светораспределению СП в зависимости от соотношения светового потока $\Phi_\smile$, направляемого в нижнюю полусферу, и полного светового потока светильника $\Phi_{св}$ подразделяются на пять классов, указанных в табл. 5.3. Кривые силы света СП указанных классов (в любых меридиональных плоскостях в верхней и нижней полусферах) в зависимости от формы КСС подразделяются на сеть типов в соответствии с табл. 5.4 и рис. 5.5 и 5.6, *а*, *б*. Характеристика формы кривой в табл. 5.4 является независимой характеристикой светораспределения, а не подклассом соответствующего класса, указанного в табл. 5.3.

Таблица 5.3. Классы светильников по светораспределению

Обозначение класса светильника по светораспределению	Наименование класса светильника по светораспределению	Доля светового потока, направляемого в нижнюю полусферу, от потока светильника $\Phi_\smile/\Phi_{св}$, %
П	Прямого света	Свыше 80
Н	Преимущественно прямого света	60—80
Р	Рассеянного света	40—60
В	Преимущественно отраженного света	20—40
О	Отраженного света	20 и менее

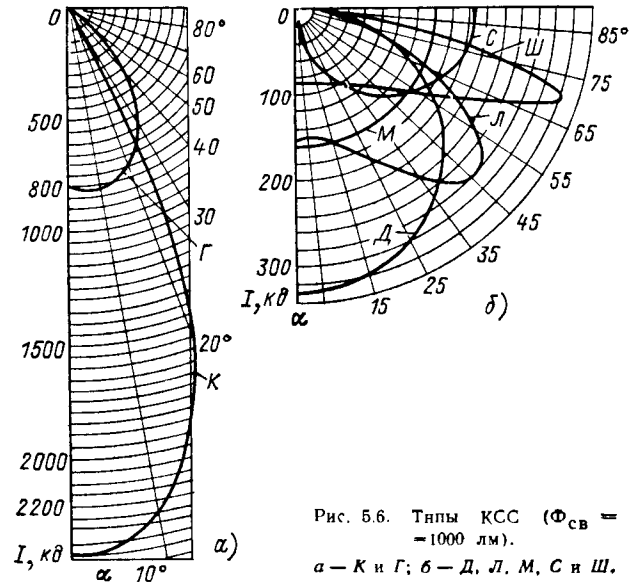


Рис. 5.6. Типы КСС ($\Phi_{св}$ = =1000 лм).
а — *К* и *Г*; *б* — *Д*, *Л*, *М*, *С* и *Ш*.

Под коэффициентом формы K_Φ понимается отношение максимальной силы света I_{max} в меридиональной плоскости к условному среднеарифметическому значению силы света $I_{ср}$, определенному для той же плоскости по формуле

$$I_{ср} = \frac{1}{9}\sum_{5}^{85} I_\alpha \quad \text{или} \quad I_{ср} = \frac{1}{9}\sum_{175}^{95} I_\alpha. \qquad (5.1)$$

Значение силы света I_α находится для углов 5, 15, 25,...,85° для нижней полусферы и 175, 165, 155,...,95° для верхней. Под I_0 и I_{min} понимаются соответственно значения силы света по оси светильника под углом $\alpha=0$ и минимальное значение силы света.

В соответствии с классификацией каждому СП присваивается светотехническое наименование, которое образуется из наименований его класса по светораспределению и типа КСС. При этом в наименовании СП, как правило, указывается, для какой полусферы или меридиональной плоскости свойственна данная типовая

Таблица 5.4. Типы кривых силы света светильников

Обозначение типа КСС	Наименование типа КСС в верхней и нижней полусферах	Зона возможных направлений максимальной силы света	Значение коэффициентов формы КСС	Приближенное математическое выражение КСС (параметры см. в табл. 5.5)
К	Концентрированная	0—15	$K_ф > 3$	$I_\alpha = I_0 \cos n\alpha$
Г	Глубокая	0—30, 180—150	$2 \leqslant K_ф < 3$	
Д	Косинусная	0—35, 180—145	$1{,}3 \leqslant K_ф < 2$	$I_\alpha = I_0 \cos\alpha$
Л	Полуширокая	35—55, 145—125	$1{,}3 < K_ф$	$I_\alpha = I_0 \left[\frac{\cos\alpha}{\cos(\theta \sin^m C\alpha)}\right]$
Ш	Широкая	55—85, 125—95	$1{,}3 < K_ф$	
М	Равномерная	0—90, 180—90	$K_ф < 1{,}3$, при этом $I_{min} > 0{,}7 I_{max}$	$I_\alpha = I_0$
С	Синусная	70—90, 110—90	$K_ф < 1{,}3$, при этом $I_0 < 0{,}7 I_{max}$	$I_\alpha = I_0 \sin\alpha$

КСС. В наименовании не указывается, для какой полусферы свойственна типовая кривая, если основной светотехнической характеристикой СП является его КСС в нижней полусфере. В наименовании СП с линейными лампами может приводиться только название типовой кривой в поперечной плоскости без указания на это в том случае, если КСС в продольной плоскости является косинусной. Для СП с круглосимметричным светораспределением в наименовании не указывается меридиональная плоскость, для которой дана КСС. Допускается классификация СП только по классам светораспределения, если указание типа КСС нецелесообразно (например, для светильников местного освещения, декоративных, бытовых светильников).

Таблица 5.5. Значения параметров в табл. 5.4

Параметр	Тип КСС			
	К	Г	Л	Ш
I_0, кд	2400	800	155	90
n	2,91	1,65	—	—
θ, град	—	—	70	85
m	—	—	1,2	1,5
C	—	—	1,7	1,2

На рис. 5.7 приведены детализированная классификация типовых КСС светильников и поля допусков на значения силы света +20 % ÷ —10 % [9.5]. Использование 13 типовых КСС, описывающих практически все встречающиеся КСС симметричных СП, позволяет рассчитать вспомогательные материалы для проектирования ОУ (см. разд. 9).

5.3.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Электрическая безопасность определяется классом защиты от поражения электрическим током (или видом приборов по электрической изоляции), степенью защиты от соприкосновения с токоведущими частями (см. п. 5.3.3), напряжением, сопротивлением и электрической прочностью электрической изоляции, путями утечки и воздушными зазорами.

Существуют пять классов защиты СП от поражения электрическим током: 0, 0I, I, II и III (табл. 5.6).

Под малым напряжением понимается номинальное напряжение СП, не превышающее 42 В между проводниками и землей (при напряжении холостого хода до 50 В). Безопасным считается также напряжение до 110 В постоянного тока.

Электрическая безопасность СП характеризуется также сопротивлением изоляции между различными частями, к которым приложено напряжение, как при нахождении СП в нормальных условиях окружающей среды, так и после определенного периода нахождения в условиях повышенной влажности, причем длительность этого периода зависит от основного назначения. СП. Электрическая прочность изоляции определяется значениями испытательного напряжения частотой 50 Гц, которое должно выдерживаться без пробоя или перекрытия токоведущих частей.

Взрывозащищенность. В зависимости от области применения взрывозащищенные СП условно разделяются на следующие группы: группу I — рудничные взрывозащищенные СП для подземных выработок шахт и рудников, опасных по газу и пыли, и группу II — взрывозащищенные СП для внутренней и наружной установки на предприятиях химической, нефтяной, газовой и других отраслей промышленности, где возможно образование взрывоопасных смесей.

В зависимости от *уровня взрывозащиты* все СП подразделяются [5.9] на СП повышенной надежности против взрыва, взрывобезопасные СП и особовзрывобезопасные СП. Под взрывозащитой понимаются специальные конструктивные средства и меры, которые обеспечивают невоспламенение окружающей взрывоопасной газо-, паро- и пылевоздушной смеси от электрических искр, дуг, пламени и нагретых частей СП. Световыми приборами повышенной надежности против взрыва называются такие приборы, в которых предусмотрены меры, затрудняющие возникновение опасных искр, электрических дуг и нагрева, а также обеспечивающие взрывозащиту СП только в режиме их нормальной работы. Взрывобезопасными называют такие СП, в которых предусмотрены меры защиты от взрыва окружающей взрывоопасной смеси в результате действия искр, электрических дуг или нагретых поверхностей как при нормальной работе, так и при вероятных повреждениях СП, определяемых условиями эксплуатации (кроме поврежденй средств взрывозащиты). Под особовзрывобезопасными подразумеваются СП, в которых приняты специальные дополнительные средства взрывозащиты.

Классификация взрывозащищенных СП в зависимости от области применения, уровня и вида взрывозащиты, а также от температурного класса СП (см. табл. 12.5) приведена на рис. 5.8.

Взрывонепроницаемая оболочка — вид взрывозащиты СП, имеющих оболочку, выдерживающую давле-

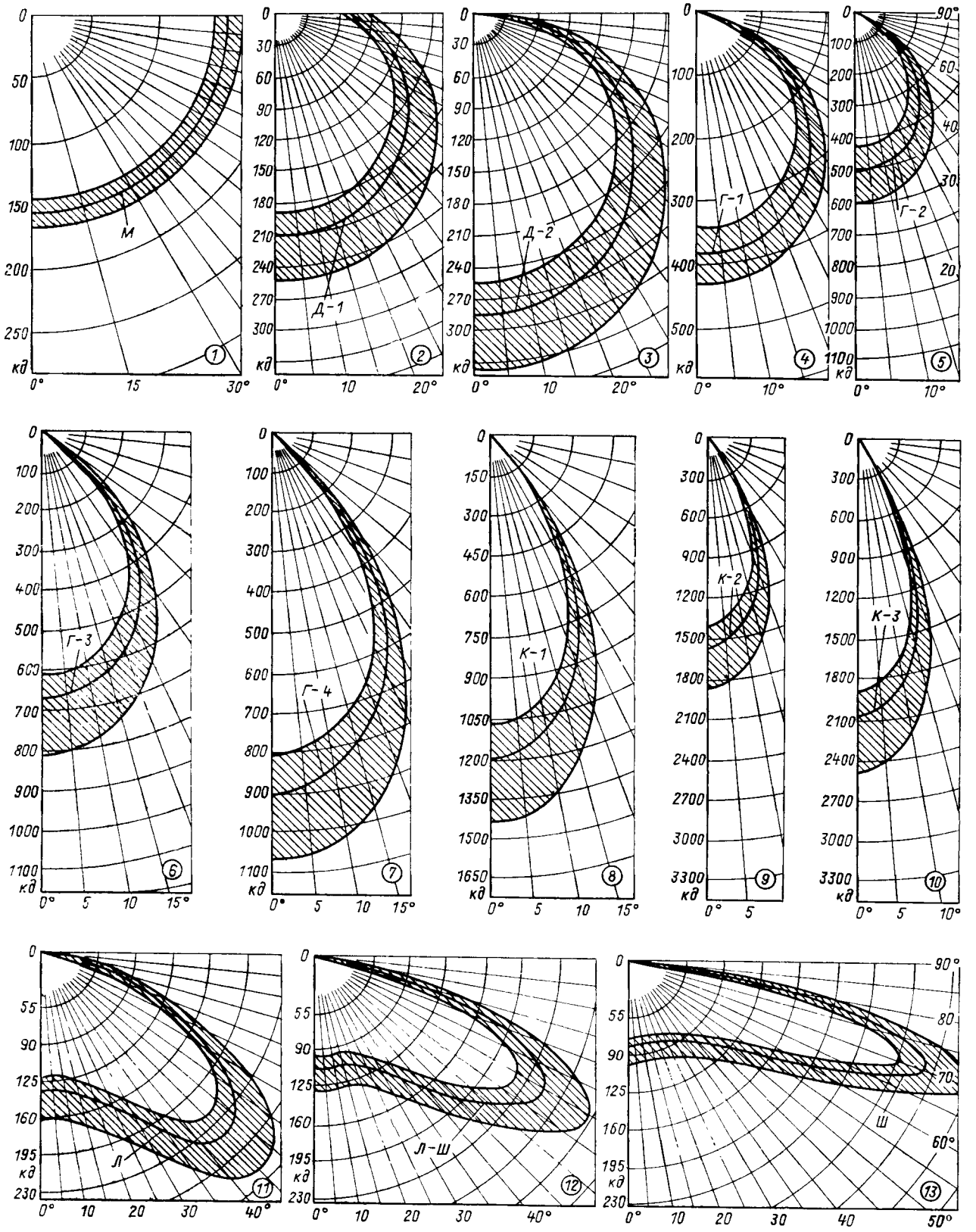


Рис. 5.7. Детализированные типовые КСС светильников и поля допусков на значения силы света ($\Phi_{св} = 1000$ лм).

Таблица 56. Классы защиты световых приборов от поражения электрическим током

Класс защиты	Вид электрической изоляции СП[1]	Наличие в СП зажима для присоединения заземляющего провода	Характеристика постоянно присоединенных внешних проводов	Особенности СП
0	Рабочая изоляция на всех частях	Отсутствует	Отсутствуют	Металлические корпуса, изолированные рабочей изоляцией от находящихся под напряжением частей; корпус из изоляционных материалов, обеспечивающих рабочую изоляцию (частично или полностью)
01	То же	Имеется	Имеются но не содержат заземляющего проводника и вилки с заземляющим контактом	—
I	То же	Имеется	В случае присоединения к системе питания с помощью гибкого провода или шнура они имеют на конце специальный заземляющий контакт (возможна вилка с заземляющим контактом)	Могут иметь части с двойной или усиленной изоляцией или части, работающие при малом напряжении
II	Двойная или усиленная изоляция	Отсутствует	Отсутствуют	Механически прочные корпуса из изоляционного материала, покрывающего все металлические части (за исключением мелких деталей, отделенных от частей СП, находящихся под напряжением, изоляцией не хуже усиленной); металлические корпуса, в которых везде применена двойная или усиленная изоляция; комбинированные СП (сочетание указанных выше)
III	Рабочая изоляция для работы СП только в системе питания малым напряжением		Имеются только для присоединения к системе питания малым напряжением	Только для работы в системах питания малым напряжением

[1] Рабочая изоляция обеспечивает нормальную работу СП и основную защиту от поражения электрическим током; дополнительная (или защитная) изоляция — независимая изоляция, предусмотренная дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае нарушения рабочей изоляции; двойная изоляция — изоляция, включающая как рабочую, так и дополнительную; усиленная изоляция — улучшенная рабочая изоляция с такими электрическими и механическими свойствами, при которых она обеспечивает ту же степень защиты от напряжения электрическим током, что и двойная.

ние взрыва внутри нее и предотвращающую распространение взрыва из оболочки в окружающую взрывоопасную среду. Защитный светопропускающий элемент при этом является составной частью оболочки, а все детали, на которых могут возникать опасные искрения или температуры как в рабочем, так и в аварийном состоянии заключены во взрывонепроницаемую оболочку.

Одним из важнейших средств обеспечения взрывонепроницаемости является создание взрывонепроницаемых соединений элементов оболочек с помощью взрывонепроницаемых щелей, образуемых взрывозащитными поверхностями. *Взрывонепроницаемыми щелями* называются просветы между прилегающими частями оболочки, через которые могут прорываться продукты взрыва или дугового короткого замыкания, не вызывая воспламенения окружающей СП взрывоопасной смеси. Взрывонепроницаемая щель характеризуется шириной, длиной, конфигурацией и чистотой обработки поверхностей.

Искробезопасная электрическая цепь — вид взрывозащиты, при котором электрическая цепь СП выполнена так, что электрический разряд или нагрев не может воспламенить взрывоопасную среду.

Защита вида «е» — вид взрывозащиты, заключающийся в том, что в СП (или его части), не имеющем нормально искрящих частей, принят ряд мер (дополнительно к используемым в СП общего назначения), затрудняющих появление опасного нагрева, электрических искр и дуг.

Заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением — вид взрывозащиты, при котором СП заполняется прозрачной жидкостью и имеет отключающие устройства, обеспечивающие снятие напряжения при снижении уровня жидкости ниже допустимого, или внутренняя полость СП продувается чистым воздухом или инертным газом. В СП с масляным заполнением оболочка заполняется маслом или негорючим диэлектриком.

Автоматическим защитным отключением называется вид взрывозащиты, при которой СП автоматически отключается от источника тока при разрушении светопропускающего элемента или колбы лампы, устраняя опасность возникновения условий, при которых возможен взрыв взрывоопасной смеси, окружающей СП.

При эксплуатации взрывозащищенных приборов запрещается использовать лампы большей мощности, чем это указано на светильнике. Недопустимо также заменять лампы одного типа на лампы другого типа, отличающиеся от тех, которые оговорены в паспорте на светильники. Замена перегоревших ламп должна выполняться только после отключения светильника от сети, остывания светильника на протяжении времени, при котором температура всех частей лампы и осветительной арматуры станет меньше той, при которой возможно поджигание окружающей взрывоопасной смеси. Включение же ламп должно осуществляться только после полной сборки и установки в рабочее положение всего светильника.

При замене в осветительных установках старых светильников повышенной надежности против взрыва новыми приборами с защитой вида «е», выполненными на основе требований ПИВРЭ [53], необходимо обеспечивать соответствие допустимых значений температуры наружных поверхностей светильников требованиям к различным группам взрывоопасных смесей. При этом нужно иметь в виду, что если максимально допустимые значения температуры для групп А, Б, Г и Д смесей

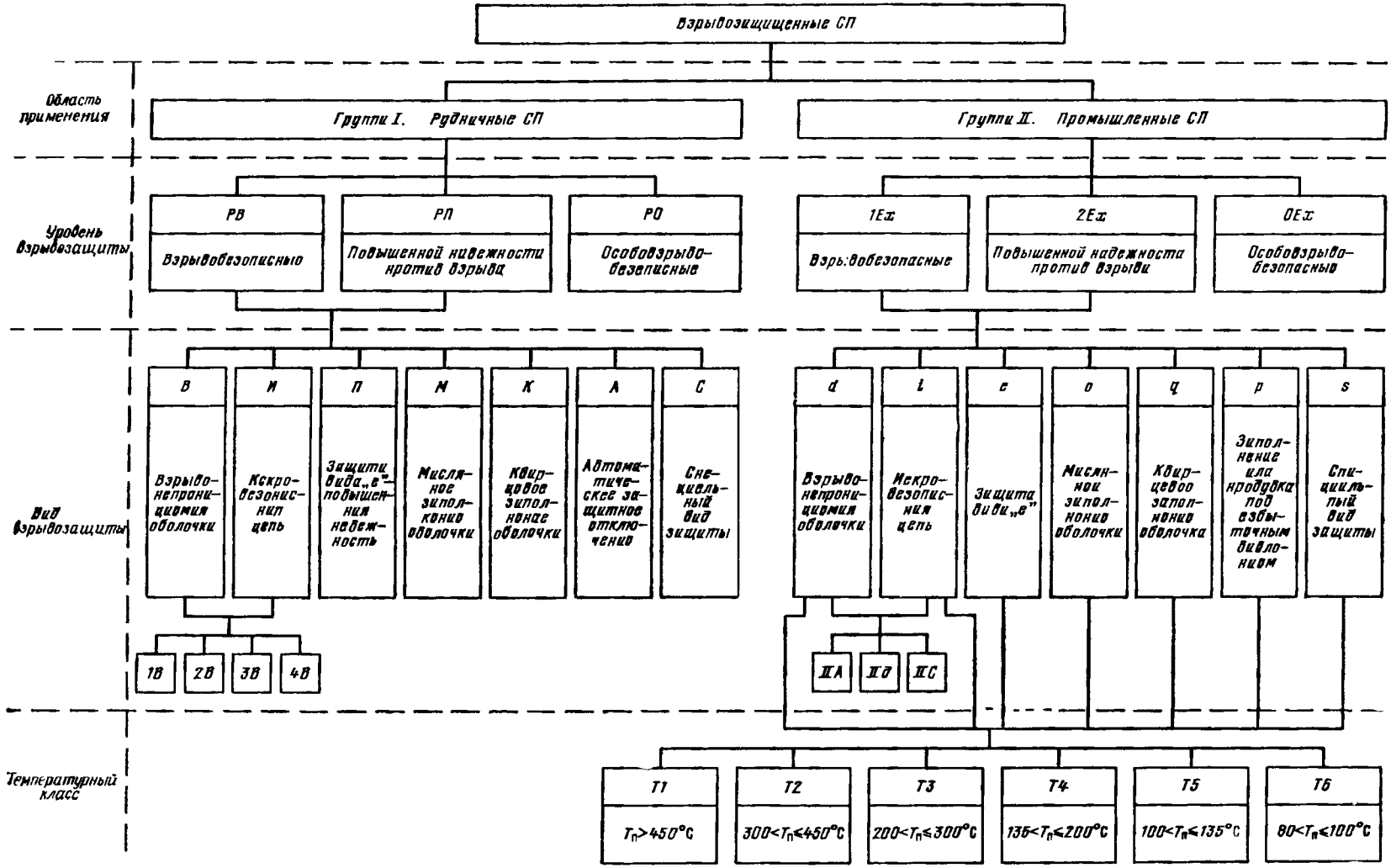


Рис. 5.8. Классификация взрывозащищенных СП.

Таблица 5.7. **Степени жесткости механических факторов, действующих на СП**

Воздействующий фактор	Значение характеристик: Диапазон частот, Гц	Максимальное ускорение, м/с²	Длительность удара, мс	Степень жесткости
Вибрационные нагрузки	1—35	5	—	I
	1—60	10	—	II
	1—60	20	—	III
	1—80	50	—	IV
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
	1—5000	400	—	XIX
	100—5000	400	—	XX
Ударные нагрузки: многократные	—	150	2—15	i
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
одиночные	—	1000	1—3	IV
	—	40	40—60	I
	—	200	20—50	II
	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
	—	30 000	0,2—0,5	VIII

составляли соответственно 360, 240, 140 и 100 °С, то в соответствии с ПИВРЭ для групп смесей Т1, Т2, Т3, Т4, Т5 и Т6 допустимые температуры не должны превышать соответственно 450, 300, 200, 135, 100 и 80 °С. Например, светильники, изготовленные ранее для группы Д, можно использовать в средах группы Т5; светильники, выполненные для группы Г — для сред группы Т4.

Пожарная безопасность. Пожарная безопасность СП означает практическую невозможность загорания как самого прибора, так и окружающей его среды, что обеспечивается конструкцией СП, выбором комплектующих изделий и материалов с температурными характеристиками, соответствующими тепловому режиму работы СП. При этом характеристикой пожаробезопасности является соответствие температуры на осиовных элементах СП допустнмым значениям как в рабочем, так и в аварийном режиме работы.

Для потолочных, встраиваемых и опорных СП существенными с точки зрения пожарной опасности являются параметры возгораемости материалов, из которых изготовлены опорные поверхности. Эти материалы могут быть условно подразделены на три группы: *нормально возгораемые (горючие) материалы*, температура воспламенения которых менее 200 °С и которые не деформируются до этой температуры (например, дерево, толщиной свыше 2 мм); *негорючие материалы*, т. е. те, которые неспособны поддерживать горение (например, металл, бетон, штукатурка); *легко возгораемые материалы*, которые не могут быть классифицированы как нормальио возгораемые (например, фанера или другие материалы, содержащие дерево, толщиной менее 2 мм).

Предназначеиные для установки непосредственно на опорные поверхности из нормально возгораемых материалов СП в международной практике получили символ *F* в треугольнике (см. § 5.5). Легко возгораемые материалы непригодны для непосредственной установки на них СП.

Механическая безопасность. Механическая безопасность различиых СП характеризуется *вибрационными или ударными нагрузками* (многократными или одиночными), определяемыми соответственно диапазоном частот вибрации и максимальным ускорением или максимальным ускорением и длительностью удара; *усилиями*, прикладываемыми к узлам подвеса с целью определения их механической прочности (причем эти усилия или направлены перпендикулярно к опорной поверхности, или приложены в виде крутящего момента); *крутящими моментами*, выдерживаемыми резьбовыми и другими жесткими механическими соединениями частей СП, а также креплением патронов для ламп; *устойчивостью* опорных СП, определяемой углом опрокидывания СП, находящегося в наиболее неблагоприятиом положении.

В табл. 5.7 приведены значения характеристик механических факторов (степени жесткости), которые должны выдерживать соответствующие СП.

5.3.3. ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДЫ

Защита от пыли, воды и агрессивных сред обеспечивается, как правило, выбором соответствующих конструкционных и светотехнических материалов, а также различной степенью герметизации внутреннего объема СП или отдельных его полостей (прежде всего полости расположеиия электрических контактов).

В соответствии с классификацией электрического оборудования установлены одновременные степени защиты оборудования от попадания внутрь него твердых посторонних тел (в частности, пыли) и степени защиты персонала от соприкосновения с находящимися под напряжением частями, расположенными внутри оболочки изделий (табл. 5.8). Степени защиты СП от воды также приведены в табл. 5.8. Степень защиты СП характеризуется двумя цифрами, обозначающими сочетание классов (подклассов) конструкций СП. Первая цифра означает подкласс СП по степени защиты от пыли и от соприкосновения с находящимися под напряжением частями, а вторая — степень защиты СП от проникновения воды. Для обозначения степени защиты перед двумя цифрами ставятся буквы IP (International Protection — международная защита) во всех случаях, когда степени защиты СП соответствуют степени защиты всего остального электрооборудования.

Общей классификацией предусматривается в основном одинаковая степень защиты для всех частей каждого вида электрооборудования. Вместе с тем нашли широкое применение СП, имеющие незащищенные от окружающей среды открытые лампы (рис. 5.9) или лампы, закрытые неуплотненными светопропускающими оболочками, при этом корпуса СП с расположенными в них электрическими контактами имеют пылезащищенное или пыленепроницаемое исполнение (т. е. распространены СП, различные части которых имеют различные степени защиты). Учитывая приведенные факты, а также то, что основным функциональным элементом СП является ИС, на характеристики которого сильно влияет запыление, в отечественную классификацию СП введены подклассы конструкций по степени защиты от пыли, обозначаемые цифрами со штрихами (в этих случаях буквы IP ие ставятся).

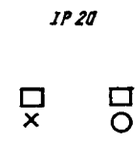
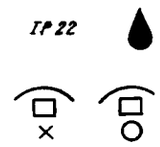
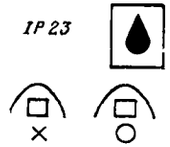
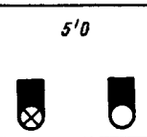
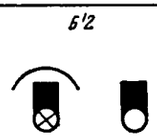
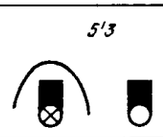
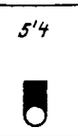
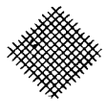
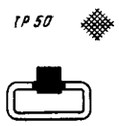
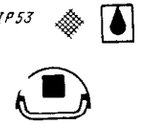
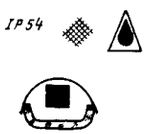
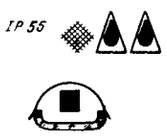
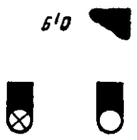
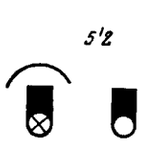
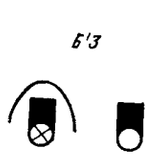
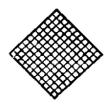
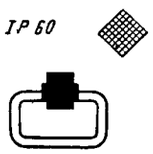
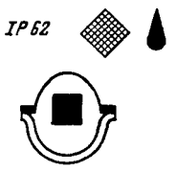
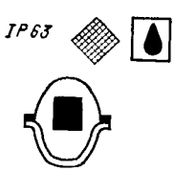
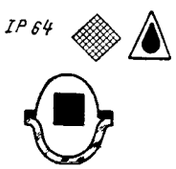
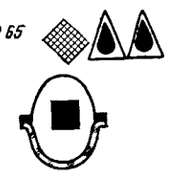
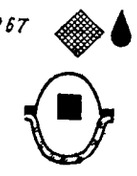
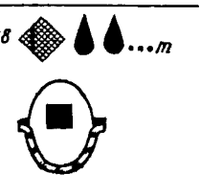
Наиболее распространеиные степени защиты СП от воздействия пыли и воды приведены в табл. 5.8. До-



Рис. 5.9. Принципиальные конструктивные схемы некоторых СП со степенью защиты от пыли 5′ и 6′.

1 — защищенная зона (уплотненный корпус); *2* — эластичный уплотняющий элемент (по колбе лампы); *3* — колба лампы; *4* — специальный уплотненный патрон.

Таблица 5.8. **Степени защиты световых приборов**

Степень защиты персонала от соприкосновения с частями, находящимися под напряжением	Степень защиты СП от попадания внутрь него твердых посторонних тел (в частности, пыли)		Условное графическое обозначение	Цифровое обозначение (первая цифра)	Степень защиты СП от воды						
					Водонезащищенные (защита отсутствует)	Каплезащищенные (защита от попадания капель, падающих сверху под углом к вертикали, равным или меньшим 15°)	Дождезащищенные (защита от попадания капель или струй, падающих сверху под углом к вертикали, равным или меньшим 60°)	Брызгозащищенные (защита от капель или брызг, падающих под любым углом)	Струезащищенные (защита от струй воды, падающих под любым углом)	Водонепроницаемые (защита от попадания воды при погружении на определенную глубину)	Герметичные (защита от попадания воды при неограниченно долгом погружении на заданную глубину)
	Класс СП	Подкласс СП			Условное графическое обозначение						
					–						
					Цифровое обозначение (вторая цифра)						
					0	2	3	4	5	7	8
Защита от возможности прикосновения пальцами	Пылезащищенные	Открытые (специальная защита от пыли отсутствует)	–	2							
		Перекрытые (то же, попадание пыли ограничивается неуплотненными светопропускающими оболочками)	–	2′							
Полная защита от возможности прикосновения с помощью любого вспомогательного устройства (например, проволоки)	Пылезащищенные	Частично пылезащищенное (токоведущие части СП защищены от попадания пыли в количестве, достаточном для нарушения работы)	–	5′							
		Полностью пылезащищенное (токоведущие части и колба лампы защищены от попадания пыли в количестве, достаточном для нарушения работы)		5							
	Пылеизащищенные	Частично пылеизащищенное (токоведущие части СП защищены от попадания пыли в количестве, достаточном для нарушения работы)	–	6′							
		Полностью пылеизащищенное (токоведущие части и колба лампы полностью защищены от попадания пыли)		6							

Примечания: 1. Степени защиты от пыли и воды расположены в порядке их нарастания — от меньших к большим.

2. В таблице приняты следующие условные обозначения:

× — ЛН;
○ — ЛЛ;
□ — СП с неуплотненным корпусом;
■ — то же с уплотненным корпусом;



— СП с отражателем;
— СП со стеклом;
— неуплотненный СП с нетермостойким стеклом;



— уплотненный СП;
— уплотненный СП с термостойким стеклом;

— СП с уплотненным корпусом и уплотнением по горлу колбы лампы;
— СП с уплотненным корпусом и уплотнением по концам колбы ЛЛ.

пускается использовать в обозначении защиты знак «Х» вместо цифры, соответствующей тому виду защиты, который в данном СП не требуется или испытание которого не проводится.

Световые приборы выпускаются в различных климатических исполнениях и предназначаются для эксплуатации в соответствующем климатическом районе. Световые приборы, имеющие указанные климатические исполнения, изготавливают по различным категориям в зависимости от места размещения при эксплуатации.

Климатические исполнения изделия для эксплуатации на суше, реках, озерах в макроклиматических районах:	
с умеренным климатом	У
с холодным климатом	ХЛ
с влажным тропическим климатом	ТВ
с сухим тропическим климатом	ТС
как с сухим, так и с влажным тропическим климатом	Т
любых на суше (общеклиматическое исполнение)	О

Примечание. Предусмотрено также исполнение изделий, предназначенных для установки на морских судах, а также для всех макроклиматических районов на суше и на море.

Категории изделий в зависимости от места размещения при эксплуатации	Обозначение
Для работы на открытом воздухе	1
Для работы в помещениях, где колебания температуры и влажности воздуха несущественно отличаются от колебаний на открытом воздухе и имеется сравнительно свободный доступ наружного воздуха, например в палатках, кузовах, прицепах, металлических помещениях без теплоизоляции, а также в кожухе комплектного устройства изделия категории 1 или под навесом (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков на изделие)	2
Для работы в закрытых помещениях с естественной вентиляцией без искусственно регулируемых климатических условий, где колебания температуры и влажности воздуха, а также и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе, например в металлических с теплоизоляцией, каменных, бетонных, деревянных помещениях (существенное уменьшение воздействия солнечной радиации, ветра, атмосферных осадков, отсутствие росы)	3

Таблица 5.9. **Значения температуры воздуха при эксплуатации в различных климатических условиях**

Исполнение изделия	Категория изделия	Нормальные значения температуры воздуха при эксплуатации, °С				
		рабочие			предельные	
		верхнее значение	нижнее значение	среднее значение	верхнее значение	нижнее значение
У	4	+35	+1	+20	+40	+1
	4, 1	+25	+10	+20	+40	+1
	4, 2	+35	+10	+20	+40	+1
	5	+35	—5	+10	+35	—5
	1, 2, 3	+40	—40	+10	+45	—50
ХЛ	4, 4, 1 (4,2)	+35 (25)	+1	+20	+40	+1
	5	+35	—10	+10	+35	—10
	1, 2, 3	+40	—60	+10	+45	—60
Т	4	+45	+1	+27	+65	+1
	4,1	+25	+10	+20	+40	+1
	4,2	+45	+10	+27	+45	+10
	5	+35	+1	+10	+35	+1
	1, 2, 3	+45	—10	+27	+55	—20
О	4	+45	+1	+27	+65	+1
	4,1	+25	+10	+20	+40	+10
	4,2	+45	+10	+27	+45	+1
	5	+35	—10	+10	+35	—10
	1, 2, 3	+45	—60	+27	+55	—60

Продолжение

Для работы в помещениях с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например в закрытых отапливаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых помещениях (отсутствие прямого воздействия солнечной радиации и отсутствие воздействия атмосферных осадков, ветра, а также воздействий песка и пыли, наружного воздуха) и в помещениях:	
с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом	4,1
лабораторных, капитальных жилых и других подобного типа	4,2
Для работы в помещениях с повышенной влажностью (например, в неотапливаемых и невентилируемых подземных, в том числе шахтах подвалах, в почве, в таких судовых, корабельных и других помещениях, в которых возможно длительное наличие воды или частая конденсация влаги на стенках и потолке, в частности в некоторых цехах текстильных, гидрометаллургических производств и т. п.)	5

Таблица 5.10. **Значения относительной влажности воздуха (для исполнений изделий У и ХЛ)**

Категория изделия	Относительная влажность, %			Степень жесткости
	Среднемесячное значение в наиболее теплый и влажный период и продолжительность его воздействия		Верхнее значение при 25 °С и ниже	
	Значение при 20 °С	Продолжительность, мес		
4, 4.1, 4.2	65	12	80 без конденсации влаги	I
3, 1	80	2 6	98 без конденсации влаги	II III
1	80	6	100 с конденсацией влаги	IV
5	90	12	100 с конденсацией влаги	V

Примечание. Действующими стандартами предусматривается восемь степеней жесткости.

Значения некоторых климатических факторов внешней среды принимаются равными значениям, приведенным для примера в табл. 5.9 и 5.10. В число климатических факторов внешней среды, влияющей на выбор исполнений СП и определение их категорий в зависимости от условий их эксплуатации, хранения и транспортирования, входит также совокупность данных о давлении воздуха или газа, солнечной радиации, дожде, ветре, пыли, резких сменах температуры, соляном тумане, действии плесневых грибов, содержании в воздухе коррозионно-активных агентов, определяемых [5.7].

5.3.4. ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ

Под надежностью понимается свойство изделий выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Световые приборы являются восстанавливаемой (ремонтируемой) системой с невосстанавливаемыми элементами. При этом элементами системы «световой прибор» являются узлы и детали конструкции, выполненные из определенных материалов; комплектующие изделия (лампы, ПРА, стартеры, ЭУ и др.); электрические провода и т. д. Для таких приборов основным показателем надежности является долговечность, которая характеризуется либо сроком службы, либо ресурсом. Для большинства СП

стандартами и техническими условиями нормируются значения срока службы, которые для промышленных СП составляют 8—10 лет, для бытовых 5, для уличных 8 лет. Срок службы СП как ремонтопригодных изделий определяется главным образом сроком службы тех основных элементов, которые нельзя заменить в процессе эксплуатации, т. е. прежде всего отражателей и рассеивателей (такие комплектующие элементы, как ПРА и ЭУ, являются покупными и заменяемыми изделиями).

Под долговечностью понимается свойство изделий сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Предельное состояние наступает тогда, когда происходит отказ. Под отказом СП понимается наступление такого состояния, которое характеризуется следующими признаками или их совокупностью: а) световой поток СП, проработавшего определенное время после чистки и замены ИС данного типа на новые, становится ниже заданного значения, минимально необходимого для создания нормируемой освещенности в конкретной ОУ; б) в результате длительной эксплуатации КСС прибора деформирована таким образом, что СП не обеспечивает требуемых условий освещения (в наибольшей степени это относится к зеркальным и призматическим СП); г) сопротивление изоляции СП снижается до значений, недопустимых по правилам электробезопасности; д) механическая прочность узлов крепления защитных стекол, рассеивателей, отражателей, а также узлов подвеса уменьшается до предела, представляющего опасность для работающих или обслуживающего персонала.

Ко всем светильникам общего назначения предъявляется требование, чтобы после 120 ч работы при температуре 35±5 °С, напряжении, равном 110 % номинального, для светильников с газоразрядными лампами или мощности, равной 115 % номинальной, для светильников с ЛН КПД (или освещенность) снижались не более чем на 10 % первоначального значения, цвет и форма поверхностей не подвергались изменениям. Это требование обусловлено, в частности, тем, что светильники могут кратковременно работать при повышенных напряжениях сети и в аварийном режиме (для светильников с газоразрядными лампами это режим, возникающий при незажигании лампы — длительный пусковой режим, при работе лампы в выпрямляющем режиме, при повреждении одного из электродов лампы, а для светильников с ЛН — это режим работы при неправильной установке или неверном использовании). Наряду с этим необходимо отметить, что основные изменения характеристик СП происходят на протяжении первых сотен часов работы.

Срок службы бытовых светильников должен быть не менее 5 лет, срок службы светильников для промышленных и общественных зданий, а также для наружного освещения — не менее 8 лет. К целому ряду светильников с государственным Знаком качества предъявляется требование 10-летнего срока службы.

Одной из важных групп требований к современным СП является обеспечение длительной и бесперебойной работы их в условиях напряженного теплового режима, характерного для многих типов СП. Решение проблемы теплового режима для большинства СП лежит на пути применения более нагревостойких материалов и покрытий, а также ламп, ПРА, ЭУ, проводов, конденсаторов, рассчитанных на длительную работу при существующих в СП температурах. Превышение температуры отдельных частей СП при расчетной температуре окружающей среды 25 °С в нормальном и аварийном (дано в скобках) режимах работы не должно быть более приведенных ниже значений.

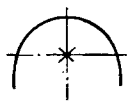
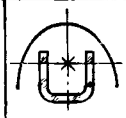
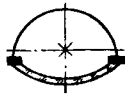
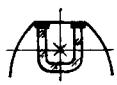
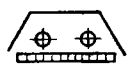
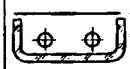
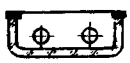
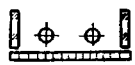
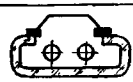
Допустимые превышения температуры частей СП, °С

1. Комплектующие изделия	
Лампа (на цоколе у колбы):	
накаливания	185
люминесцентная	155
ПРА (на обмотке)	
для ПРА с температурной маркировкой:	
t_w=105 °С	t_w—25 (168)
t_w=120 °С	t_w—25 (191)
t_w=130 °С	t_w—25 (205)
для ПРА без температурной маркировки:	
при наличии межслоевой изоляции	70 (145)
при отсутствии таковой	60 (145)
Конденсатор (на корпусе):	
с температурной маркировкой	t_c—25 ($1{,}15t_c$—25)
без температурной маркировки	25 (35)
Выключатели:	
с температурной маркировкой T	T—25
без температурной маркировки	30
Патроны из изоляционных материалов (кроме керамики):	
типа Е14 и В15	110
типа Е40, Е27, В22	140
Провода с резиновой или ПВХ изоляцией, не подвергающейся механическим нагрузкам	65
Провода с изоляцией:	
резиновой	40
ПВХ	45
бутилкаучуковой	70
кремнийорганической	150
2. Детали СП	
Опорная поверхность светильников со знаком F в треугольнике	60 (125)
Ручки, кнопки, а также наружные поверхности, за которые берутся руками:	
металлические	35
из других материалов	50
Контактные зажимы и детали из металла, работающие как пружины:	
из меди	50
из фосфористой бронзы	80
из бериллиевой бронзы	125
из углеродистой стали	95
3. Материалы	
Для изоляции (но не для изоляции проводов и патронов):	
пластмасса на основе фенольных смол:	
с древесным наполнением	85
с минеральным наполнением	120
пластмасса на основе мочевинных смол	65
пластмасса на основе меламина	75
резина	45
Не для изоляции:	
резина	45
дерево, бумага, ткань	60
полиэтилен:	
высокого давления	35
низкого давления	75
полистирол:	
обычной нагревостойкости	40
повышенной нагревостойкости	50
полиметилакрилат:	
обычной нагревостойкости	45
повышенной нагревостойкости	65
мочевиноформальдегидные эмали	65

На такой важнейший показатель СП, как снижение светового потока в эксплуатации, влияет ряд взаимосвязанных факторов, определяющих старение и загрязнение ИС в СП, выход ИС из строя, загрязнение СП и старение их материалов.

В табл. 5.11 дана классификация основных конструктивно-светотехнических схем СП по их эксплуатационным характеристикам. В зависимости от схем, степени защиты от пыли, твердости светотехнических материалов и покрытий все СП разделены на семь эксплуатационных групп, при этом чем больше номер группы, тем менее подвержены СП воздействию среды и тем в более тяжелых условиях целесообразно их использование.

Таблица 5.11. **Классификация светильников по эксплуатационным характеристикам**

Конструктивно-светотехнические схемы		I	II	III	IV	V	VI	VII
Светильники с ЛН и ГЛВД	А							
Светильники с ЛЛ	Б							
	В							
	Г							
Конструктивное исполнение по степени защиты от пыли		2,5′, 6′	2,5′, 6′	2′	5,6	5,6	5,6	5′, 6′
Эксплуатационная характеристика светотехнических материалов		Т / СТ / М	Т / СТ / М	Т / СТ / М	Т / СТ / М	Т / СТ / М	Т / СТ	Т
Эксплуатационная группа светильников*		4 / 3 / 2	5 / 4 / 3	2 / 2 / 1	7 / 7 / 6	5 / 5 / 4	6 / 6	7

* При использовании ламп-светильников эксплуатационная группа светильников повышается на одну ступень (кроме СП схемы VII).

В процессе эксплуатации в результате многократных загрязнений и чисток происходит необратимое снижение КПД СП из-за старения светотехнических материалов, которое тем меньше, чем тверже материал. Все материалы и покрытия разделены на три группы по твердости: твердые (твердость по шкале Мооса более 5), средней твердости СТ (2,5—5) и мягкие М (меньше 2,5). К твердым относятся силикатные эмали и стекла практически полностью восстанавливающие свои свойства после чистки. К материалам и покрытиям средней твердости отнесены альзакированный алюминий, химически объярченный алюминий, покрытия, полученные методом вакуумного распыления алюминия с последующей защитой зеркального слоя специальными лаками. К этой же группе условно отнесены такие материалы, как поликарбонат, полиметилметакрилат, полистирол. К мягким материалам, практически непригодным для эксплуатации в тяжелых условиях среды, относятся такие органические эмали, как МЛ-242, АС-72, АС-81, пудры ПАКЗ и др.

Необратимое изменение КПД СП со схемами IA и VA (табл. 5.11), отражатели которых покрыты твердой силикатной эмалью, после 10 циклов длительных испытаний в тяжелых условиях среды составляет 2—7 %, в то время как для СП с химически объярченным алюминием средней твердости оно составляет 14—19 %, а для СП с мягкими покрытиями — до 40—50 %. Наименьшее старение покрытий отражателей, естественно, имеет место в СП с конструктивно-светотехническими схемами IV и VII.

Влияние окружающей среды на светотехнические характеристики ламп-светильников мало. Значение эксплуатационных КПД промышленных СП с рефлекторными ЛЛ выше, чем с обычными. При этом увеличение КПД СП с ЛЛ с внутренним отражающим слоем становится все более заметным с увеличением запыленности СП.

Открытые СП с конструктивно-светотехническими схемами I (см. табл. 5.11), имеющие наибольшие начальные значения КПД, характеризуются и наибольшим его снижением из-за загрязнения ламп и оптических элементов (снижение КПД в 1,5—2 раза больше, чем для СП со схемой IV). Наибольшая стабильность параметров при работе в тяжелых условиях среды также свойственна СП со схемой IV.

Наличие верхних вентиляционных отверстий в отражателях способствует улучшению теплового режима СП и уменьшению как запыляемости, так и пригорания пыли, что облегчает съем загрязнений при чистке. Доля снижения КПД за счет загрязнения колб ламп относительно невелика (меньше 3 % даже для открытых СП). Основное снижение КПД происходит за счет загрязнения оптических элементов СП (от 8 до 16 % за цикл испытаний), причем наиболее загрязняются открытые отражатели светильников со схемами I и V. В СП со схемами IV и VI (при отсутствии отражателя) снижение КПД связано в основном с загрязнением защитных стекол, но степень восстанавливаемости КПД весьма велика.

Большое значение имеет правильный учет условий эксплуатации при выборе конструкций СП для улиц. В [5.15] приведены данные об изменении основных характеристик СП с ДРЛ при длительной работе на улицах в промышленных районах с загрязненной атмосфе-

Таблица 5.12. **Коррозионная стойкость материалов световых приборов**

Материал	Коррозионная стойкость материала к воздействию				
	кислот	щелочей	солей	газов (неочищенных)	растворителей
		Материалы отражателей			
Алюминий	муравьиной (—) соляной (—) плавиковой (—) серной от (×) до (—)	нашатырного спирта× поташа или едкого натра(—)	хлористого аммония (—) сульфата меди (—) хлорида железа (—) хлористого магния (—) хлорида ртути (—) хлорида никеля (—) сульфата никеля (—) хлористокислого натрия (—) фосфата натрия (—) хлорида цинка (—) хлорида кальция (—) всех остальных от (×) до +	хлора (—) всех остальных от (×) до +	от × до +
Альзакированный алюминий	жирных × хромовой (—) плавиковой (—) соляной (—) азотной (—) фосфорной (—) серной (—) всех остальных (×)	нашатырного спирта (×) поташа или едкого натра (—)		углекислого газа × дисульфида углерода + всех остальных ×	+
Силикатное стекло, покрытое алюминием	плавиковой (—) хромовой от (×) до × всех остальных от × до +	нашатырного спирта × поташа или едкого натра (×)	буры × содей натрия от × до + всех остальных +	+	+
		Материалы преломлятелей, рассеивателей или защитных светопропускающих элементов			
Силикатное стекло	плавиковой от (×) до (—) всех остальных +	поташа или едкого натра (×) нашатырного спирта +	+	+	+
Органическое стекло (акрилат)	борной + лимонной + жирных + уксусной × формалиновой × соляной × пикриновой × всех остальных (×)	×	+	хлора (×) всех остальных от × до +	от (—) до (×)
Поликарбонат	борной + лимонной + жирных + уксусной × формалиновой × соляной × пикриновой × всех остальных (×)	(—)	солей натрия (×) всех остальных +	аммиака (—) хлора (×) всех остальных от × до +	от (—) до (×)
		Эмали			
На основе акрилата	борной × лимонной × соляной × всех остальных (×)	нашатырного спирта × поташа или едкого натра (×)	×	от × до +	хлорида метилена (—) метилэтилкетона (×) перхлорэтилена (×) трихлорэтилена (×) всех остальных от × до +
На основе эпоксидных смол	борной + уксусной + жирных × соляной × азотной × фосфорной × пикриновой × серной × всех остальных (×)	нашатырного спирта × поташа или едкого натра +	+	+	от × до +

Примечание. В таблице приняты следующие условные обозначения коррозионной стойкости: + — отличная (воздействия на материал не наблюдается); × — хорошая (легкое воздействие на материал, который остается пригодным до конца срока службы изделия); (×) — достаточная (умеренное воздействие на материал, не приводящее к заметному ухудшению характеристик изделия); (—) — низкая (сильное воздействие на материал, значительно сокращающее срок службы изделия).

рой. Даже при семикратной разнице в сроке эксплуатации характеристики закрытых СП более стабильны и значительно лучше восстанавливаются после чистки. Из рис. 5.10 видно, что использование открытых СП на улицах допустимо только в хороших атмосферных условиях.

При выборе СП необходимо также иметь в виду ряд важных общих положений. В связи с тем что пыль в основном оседает сверху, больше всего запыляются открытые сверху горизонтальные поверхности СП, в том числе и светопропускающие, в меньшей степени запыляются наклонные и вертикальные поверхности.

Перекрытые светильники, т. е. имеющие неуплотненные защитные стекла или рассеиватели, запыляются, как правило, в большей степени и очищаются труднее, чем открытые СП.

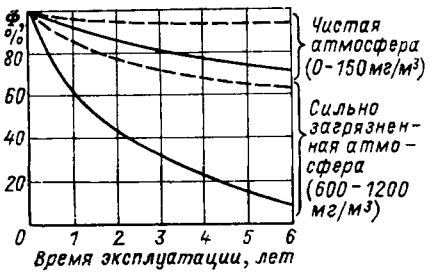


Рис. 5.10. Потери светового потока от запыления в открытых и закрытых светильниках для улиц.

——— — открытый светильник; — — — — закрытый.

Наличие естественной вентиляции, как правило, приводит к снижению запыления внутренней полости СП, особенно в промышленных СП с большими отверстиями в отражателях и в открытых сверху СП с экранирующими решетками для общественных зданий. Сами экранирующие решетки, в особенности в невентилируемых СП и при использовании их в пыльных помещениях, весьма подвержены запылению и достаточно трудно очищаются. Вместе с тем необходимо отметить, что применение решеток вовсе не исключается, если в помещении имеется легко сдуваемая или стряхиваемая пыль.

При запылении СП происходит не только снижение КПД, но и изменение формы КСС, причем тем в большей степени, чем ближе отражающие поверхности к зеркальным. По мере запыления зеркального СП его КСС все больше приближается к КСС диффузного СП, коэффициент отражения которого равен интегральному коэффициенту отражения запыленной зеркальной поверхности. В связи с этим плохая эксплуатация зеркальных СП приводит не только к снижению КПД, но и коэффициентов использования ОУ, т. е. резко сказывается на их технико-экономических характеристиках. Для работы в тяжелых условиях среды зеркальные СП должны применяться только в полностью пылезащищенном или пыленепроницаемом исполнении (схемы IV по табл. 5.11); открытое исполнение (схемы I и II) зеркальных СП допустимо в этих условиях только при использовании специальных твердых защитных покрытий.

В табл. 5.12 приведены данные о коррозионной стойкости основных материалов, применяемых в СП, к воздействию кислот, щелочей, неочищенных газов, растворителей, масел [5.16], которые важно знать для правильного применения СП.

5.3.5. МОНТАЖНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Так как масштаб применения современных ОУ велик, значимость монтажно-эксплуатационных характеристик СП непрерывно возрастает. Такими характеристиками являются трудоемкость операций по установке и подключению СП, замене ламп и комплектующих изделий, чистке отражателей и рассеивателей СП как в начале, так и на протяжении эксплуатации. К этой группе параметров может быть отнесена наработка на отказ, под которой понимается длительность периода между чистками СП в данных условиях эксплуатации.

Подробные данные о монтажно-эксплуатационных характеристиках СП и ОУ приведены в гл. 8 и в [40, 5.17, 5.18].

5.3.6. УРОВЕНЬ СОЗДАВАЕМЫХ ПОМЕХ

Помехи (радиопомехи и акустические) создаются СП с ГЛ. Светильники с ЛЛ генерируют радиопомехи как при нормальной работе ламп, так и особенно в момент включения СП с ЛЛ при стартерных схемах, когда при недостаточном прогреве электродов ламп происходит многократное контактирование стартеров. Помехи, аналогичные пусковым, создаются часто в конце срока службы ЛЛ,—когда напряжение на ней возрастает, начинает периодически срабатывать стартер и ЛЛ мигает.

Радиопомехи распространяются и виде электромагнитных излучений (эфирные помехи) и по проводам питания (сетевые радиопомехи). Уровень поля первого вида радиопомех, излучаемых ЛЛ, невелик (сказывается на расстоянии не более 1,5 м) и эффективно снижается с помощью миниатюрного конденсатора, подключенного параллельно лампе. Обычно этот конденсатор располагается в корпусе стартера. Напряжение же радиопомех, распространяющихся по питающей сети, может значительно превышать регламентируемое «Общесоюзными нормами допускаемых индустриальных радиопомех». Наиболее высокие значения уровня радиопомех (80—90 дБ) имеют место в диапазоне длинных и средних волн. Поэтому в СП применяются специальные помехоподавляющие конденсаторные фильтры, снижающие напряжение радиопомех до нормируемых значений.

Акустические помехи — шумовой фон — создаются СП с ГЛ в связи с наличием источника шума—ПРА. При работе ПРА генерируется определенная звуковая мощность в результате вибрации пластин (элементов) магнитопровода с частотой, равной удвоенной частоте тока. Выпускаемые ПРА подразделяются по создаваемой звуковой мощности на ПРА с нормальным (класса П), пониженным (ПП) и особо низким уровнем шума (см. разд. 6). В СП для жилых и общественных зданий должны применяться ПРА только двух последних групп.

5.3.7. СЕБЕСТОИМОСТЬ, МАТЕРИАЛОЕМКОСТЬ, ТРУДОЕМКОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Значения себестоимости C (руб/шт.), материалоемкости M (кг/шт.) и трудоемкости T (нормо-ч/шт.) определяются как параметрами самой конструкции СП, так и технологическим уровнем его производства на предприятии и прежде всего степенью механизации и автоматизации процесса изготовления.

В качестве основных показателей технологичности СП в светотехнической промышленности приняты: удельная технологическая себестоимость, руб/Вт, удельная материалоемкость, кг/Вт, удельная технологическая трудоемкость, нормо-ч/Вт, коэффициент использования материала, %.

5.4. НОМЕНКЛАТУРА И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЕТОВЫХ ПРИБОРОВ

Номенклатура и технические характеристики наиболее распространенных СП для промышленных предприятий приведены в табл. 12.3 — 12.5, для общественных зданий — в табл. 13.1 и 13.2, для спортивных сооружений — в табл. 13.38, для театров—в табл. 13.23—13.25, для освещения улиц и площадей — в табл. 16.8, для освещения открытых пространств — в табл. 13.38, для освещения в телевидении — табл. 13.40. Данные о новых осветительных устройствах со щелевыми световодами [5.19] приведены ниже (табл. 5.13), материалы о СП с ЛЛ, совмещенных с системами вентиляции и кондиционирования воздуха, подробно рассмотрены в [5.20], сведения об устройствах с волоконными световодами в [5.21 и 5.22]. Описания конструкций и характеристик созданных и исследованных за последние годы новых типов СП приведены в материалах всесоюзных научно-технических конференций «Исследования, конструирование и технология производства осветительных приборов» [5.24].

Комплектные осветительные устройства (КОУ) со щелевыми световодами [5.19, 5.27] предназначены для освещения производственных помещений с большим содержанием пыли и влаги, со взрывоопасными зонами классов В-1б и В-Па, пожароопасными зонами классов П-1 и П-II, а также со взрывоопасными зонами классов В-1, В-II и В-1а при условии установки ИС либо вне помещений, либо в строительных галереях и коммуникационных каналах, расположенных внутри помещения.

Комплектные осветительные устройства соответствуют климатическому исполнению У, категорий размещения 2 и 3 по ГОСТ 15150-69 и рассчитаны на работу в сети переменного тока с номинальным напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц. Степень защиты оболочек устройств соответствует IP54 по ГОСТ 14254-69. В качестве ИС света в КОУ применяются зеркальные металлогалогенные лампы — светильники типа ДРИЗ и ЛФМГ, а также зеркальные ЛН типа ЗК.

Световой поток, направляемый ИС внутрь канала через его торец, перераспределяется вдоль световода за счет многократных отражений в основном от зеркальной поверхности канала и, рассеиваясь, выходит через оптическую щель в освещаемое помещение.

Комплектное осветительное устройство состоит из следующих основных узлов (рис. 5.11): канала щелевого световода; камеры с источником (или источниками) света; торцевого элемента; блока ПРА; переходного элемента (только для исполнения КОУ1А).

Канал световода представляет собой полую, протяженную цилиндрическую трубу, внутренняя поверхность которой по всей длине покрыта зеркально отражающим слоем, за исключением продольной светопропускающей полосы (оптической щели).

Оболочка канала имеет два исполнения — мягкое (М) и твердое (Т). При мягкой оболочке светоотражающая поверхность канала изготавливается из зеркализованной полиэтилентерефталатной (ПЭТФ) пленки, а оптическая щель — из светорассеивающей пленки ПЭТФ; при твердой — соответственно из прессованного алюминиевого профиля и светорассеивающего органического или прозрачного силикатного стекла.

В зависимости от конструктивной схемы предусмотрены три основных способа установки КОУ:

1. Установка КОУ внутри освещаемого помещения (исполнение КОУ1). При этом камера и торцевой элемент могут крепиться к потолочному перекрытию, фермам либо к стенкам (рис. 5.11, *а*), а КОУ с твердой оболочкой световода может также встраиваться в перекрытия и оборудование (например, для местного освещения).

2. Установка камер с ИС и блока ПРА за стеной освещаемого помещения (исполнение КОУ1А) для помещений со взрывоопасными зонами классов В-1, В-1а и В-II (рис. 5.11, *б*).

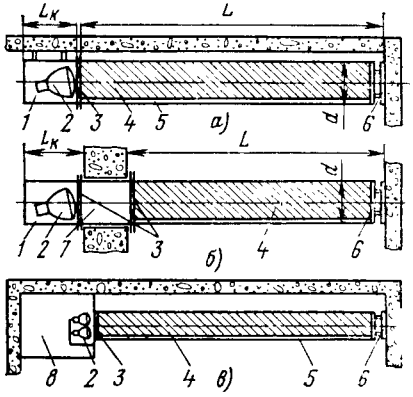


Рис. 5.11. Комплектные осветительные устройства (КОУ) со щелевыми световодами (ЩС).

а — КОУ1; *б* — КОУ1А; *в* — КОУ/С; *1* — камера; *2* — источник света; *3* — прозрачный иллюминатор; *4* — канал щелевого световода; *5* — оптическая щель; *6* — торцевой элемент; *7* — переходный элемент; *8* — строительная галерея.

3. Установка ИС и блока ПРА в специальных строительных галереях и коммуникационных каналах (исполнение с индексом С), отделенных от взрывоопасной среды освещаемого помещения (рис. 5.11, *в*).

Для обеспечения АО в установке принимаются следующие меры:

при многоламповых КОУ одна из ламп заменяется зеркальной ЛН типа ЗК необходимой мощности с подключением ее к аварийной сети;

при одноламповых КОУ часть световодов переводится на аварийную сеть, а ГЛ в них заменяются на зеркальные ЛН типа ЗК.

Номенклатура выпускаемых КОУ и их основные параметры приведены в табл. 5.13.

Область целесообразного применения КОУ определяется их особенностями, основными из которых являются:

наличие холодного, без электрического потенциала протяженного световода;

создание протяженной светящей полосы с несимметричным в продольных плоскостях светораспределением, обеспечивающим высокую равномерность освещения;

снижение влияния окружающей среды на параметры КОУ в процессе эксплуатации благодаря аэродинамическим свойствам цилиндрических каналов, оптическая щель которых практически не загрязняется;

концентрация нескольких высокоэффективных ГЛ (для КОУ-600) в одной точке обслуживания с возможностью их одновременного или частичного включения;

возможность варьирования положения оптической щели световода путем поворота ЩС вокруг оптической оси, а также возможность любого расположения КОУ в пространстве (до вертикального с размещением камеры, снизу или сверху);

возможность варьирования спектра излучения путем использования соответствующих фильтров на вводном торце ЩС исполнения КОУ-Ф или применения ламп с разным спектральным составом излучения.

Таблица 5.13. **Номенклатура выпускаемых КОУ и их основные параметры**

Обозначение исполнения	Размеры КОУ: Каналы L, м	Каналы d, мм	Камеры $L_К$, м	Камеры $H_К$, мм	Тип	Параметры лампы: Мощность, Вт	Световой поток, клм	Срок службы, ч	Количество в КОУ	Общая потребляемая мощность, кВт	КПД, %	Масса, кг: без ПРА	с ПРА
КОУ1-М600-4×700-У3	18	650	10	700	ДРИЗ700-1	700	38	3000	4	2,95	40	80	160
КОУ1-М275-1×250-У3	6	275	1	380	ЛФМГ250	250	14	2000	1	0,26	40	12,5	16
КОУ1-М275-1×400-У3	6	275	1	380	ЛФМГ400	400	25	2500	1	0,42	40	12,5	18
КОУ1-М275-1×700-У3	6	275	1	380	ДРИЗ700-1	700	38	3000	1	0,74	40	12,5	22
КОУ1-Т140-1×300-У3	3	140	0,3	210	ЗК220-300	300	3	1500	1	0,30	30	15	—
КОУ1А-М600-4×700-У2	18	650	1,5	700	ДРИЗ700-1	700	38	3000	4	2,95	30	110	190
КОУ1А-М275-1×250-У2	6	275	1,5	380	ЛФМГ250	250	14	2000	1	0,26	30	27	31
КОУ1А-М275-1×400-У2	6	275	1,5	380	ЛФМГ400	400	25	2500	1	0,42	30	27	33
КОУ1А-М275-1×700-У2	6	275	1,5	380	ДРИЗ700-1	700	38	3000	1	0,74	30	27	37
КОУ1-М600-4×700/С-У3	18	650	—	—	ДРИЗ700-1	700	38	3000	4	2,95	35	40	120

Эти преимущества КОУ обеспечивают:

создание высококачественного и безопасного освещения, прежде всего взрывоопасных и пожароопасных помещений;

резкое сокращение числа применяемых для освещения ИС и ОП, снижение эксплуатационных расходов;

резкое сокращение протяженности и стоимости распределительной электрической сети и трудоемкости работ по монтажу ОУ;

повышение надежности работы ОУ благодаря резервированию ИС;

возможность снижения применяемых при проектировании значений коэффициентов запаса;

создание ОУ с излучением требуемого спектрального состава (для фотохимической промышленности, архитектурных установок) при использовании исполнений КОУ-Ф;

улучшение внешнего вида установок (выход из строя одного-двух ИС в многоламповых вводных устройствах малозаметен).

Принципиальным преимуществом КОУ является возможность использования наиболее эффективных ГЛ высокой мощности в тех условиях (особенно при малой высоте помещений), когда для обеспечения относительно небольших значений нормируемых освещенностей при высоком качестве освещения требуется (при отсутствии КОУ) применять большое количество СП с ИС малой мощности и с малой световой отдачей.

5.5. СИСТЕМА ОБОЗНАЧЕНИЙ И МАРКИРОВКА

Система обозначений разработана и утверждена [51] лишь для самой широкой группы СП — светильников для помещений промышленных, общественных и жилых зданий, рудников и шахт, светильников для наружного освещения. В соответствии с ней каждому новому СП присваивается шифр, структура которого по ГОСТ 13828-74 такова:

$$\boxed{1}\boxed{2}\boxed{3}\boxed{4}-\boxed{5}\times\boxed{6}-\boxed{7}-\boxed{8},$$

где 1 — тип ИС (одна буква на первом месте в шифре); 2 — основной способ установки СП (одна буква); 3 — основное назначение СП (одна буква); 4 — номер серии, к которой принадлежит СП (две цифры); 5 — число ламп в СП (одно- или двузначное число в шифре, при этом цифра 1 в шифре не указывается); 6 — мощность ламп, Вт, обозначаемая одно-, двух-, трех-, четырех- или пятизначным числом; 7 — номер модификации СП (трехзначное число); 8 — обозначение климатического исполнения и категории размещения (одна или две буквы и одна-две цифры).

Номер модификации позволяет учесть индивидуальные отличительные признаки СП, например класс светораспределения и тип КСС, степень защиты от воздействия окружающей среды, особенности оптической системы, форму защитных стекол и рассеивателей, наличие или отсутствие экранирующих решеток, способ ввода проводов, особенности электрической схемы, материал, форму и цвет СП и ряд других характеристик.

В шифре СП после номера серии ставится тире, между числом ламп и цифрой, указывающей их мощность, — знак умножения. При отсутствии цифры 1, обозначающей число ламп в СП, после номера серии перед цифрой, указывающей мощность ламп, должен стоять знак умножения. Система условных обозначений СП иллюстрируется табл. 5.14.

ГОСТ 13828-74 сохраняет за организациями, разрабатывающими СП, право давать новым изделиям наряду с шифрами и собственные имена. Ниже приведены примеры некоторых обозначений светильников.

1. Светильник с лампой накаливания мощностью 500 Вт, общего назначения, подвесной, для промышленных предприятий, серии 05, модификации 016, климатического исполнения У, категории размещения 3: НСПО5×500-016-У3.

2. Светильник с ртутной лампой типа ДРЛ мощностью 400 Вт, консольный, уличный, серии 08, модификации 014, климатического исполнения ХЛ, категории размещения 1: РКУ08×400-014-ХЛ1.

3. Светильник с двумя лампами накаливания мощностью 40 Вт, общего назначения, настольный, для жилых (бытовых) помещений, серии 02, модификации 005, климатического исполнения У, категории размещения 4: ННБ02-2×40-005-У4 («Орфей»).

4. Светильник с двумя прямыми трубчатыми люминесцентными лампами мощностью по 40 Вт и одной прямой эритемной люминесцентной лампой мощностью 30 Вт, подвесной, для общественных зданий, серии 02, модификации 005, климатического исполнения У, категории размещения 4: ЛС02-2×40(1×30)-005-У4.

На корпусе СП или на одной из несъемных в процессе эксплуатации деталей наносится несмываемая, прочная и хорошо видная маркировка, содержащая товарный знак предприятия-изготовителя, шифр светильника, номинальное напряжение, В, и мощность ламп,

Таблица 5.14. **Система условных обозначений светильников**

Место в шифре								
1	2	3	4; 5	6 (7)	7—11 (8—12)	12—15 (13—16)	16—17 (17—18)	18—19 (19—20)
Источник света и его обозначение	Способ установки и обозначение	Основное назначение и обозначение	Номер серии	Число ламп в светильнике	Мощность ламп, Вт	Номер модификации	Климатическое исполнение	Категория размещения
Лампы накаливания:	Подвесные С	Для промышленных предприятий П	01—99	1—99		01—999		
общего назначения Н	Потолочные П	Для рудников и шахт Р						
лампы-светильники (зеркальные и диффузные) С	Настенные Б	Для общественных зданий О						
	Настольные Н	Для жилых (бытовых) помещений Б						
галогеновые И	Напольные и веичающие Т	Для наружного освещения У						
Люминесцентные лампы:	Встраиваемые В							
прямые трубчатые Л	Консольные К							
фигурные (U-, W-образные и кольцевые) Ф	Ручные сетевые Р							
эритемные Э	Ручные аккумуляторные Ф							
Ртутные лампы ДРЛ Р	Головные Г							
Металлогалогенные лампы Г	Пристраиваемые Д							
Натриевые лампы Ж								
Бактерицидные лампы Б								
Ксеноновые трубчатые лампы К								

Вт, степень защиты по ГОСТ 13828-74, климатическое исполнение и категорию размещения по ГОСТ 15150-69, месяц и год выпуска светильника, обозначение стандарта или ТУ, по которым выпускается светильник, надпись «Сделано в СССР» на английском языке для экспортной продукции и изображение государственного Знака качества для светильников, которым этот знак присвоен.

Для взрывозащищенных СП в маркировке дополнительно указываются уровень и вид взрывозащиты. В зависимости от уровня и вида взрывозащиты СП имеют специальную маркировку по взрывозащите, выполняемую в соответствии с рис. 5.8.

Маркировка взрывозащищенных рудничных СП, предназначенных на экспорт, содержит знак Ex и знак вида взрывозащиты, требуемый для СП группы II, а также знак I, обозначающий рудничное взрывозащищенное электрооборудование.

Важно отметить, что маркировка взрывозащиты СП группы II должна выполняться в виде цельного, не разделенного на части знака, который рекомендуется располагать в прямоугольнике. Маркировка же рудничных СП должна состоять из двух частей, в первой из которых указывается уровень взрывозащиты, во второй, располагаемой правее или ниже первой, — остальная часть маркировки. При этом знак взрывозащиты располагается в окружности, остальная часть — в прямоугольнике.

Примеры маркировки взрывозащиты СП:



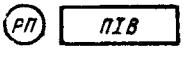
— СП повышенной надежности против взрыва, с видом взрывозащиты «е», температурного класса Т6;



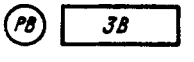
— СП повышенной надежности против взрыва, с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка и искробезопасная цепь», подгруппы IIB, температурного класса Т5;



взрывобезопасный СП с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемая оболочка», подгруппы IIA, температурного класса Т3;



— рудничный СП повышенной надежности против взрыва, с видами взрывозащиты «е» и «взрывонепроницаемая оболочка»;



— рудничный взрывобезопасный СП с видом защиты «взрывонепроницаемая оболочка», подгруппа 3В;



— рудничный СП со взрывонепроницаемой оболочкой (на экспорт);



— рудничный СП с видом взрывозащиты «е».

В международной практике приняты следующие обозначения, включаемые в маркировку СП:



— заземляющий контакт

A — сила тока

Hz — частота питающего тока

V — напряжение сети

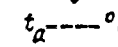
W — суммарная потребляемая мощность



— световые приборы класса II защиты от поражения электрическим током



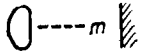
— световые приборы класса III



— установленная наибольшая температура окружающей среды



— запрет использования в СП ламп-светильников с «холодным пучком»



— минимальное расстояние установки СП от освещаемой поверхности



— обозначение СП со встроенными ПРА, пригодных для установки на основании из нормально сгораемых материалов

Обозначения степеней защиты СП от пыли и воды были приведены в табл. 5.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

5.1. **ГОСТ 15597-70.** Светильники для производственных помещений.

5.2. **ГОСТ 11536-75.** Светильники с люминесцентными лампами для общественных зданий.

5.3. **ГОСТ 8045-75.** Светильники для освещения улиц, дорог и площадей

5.4. **ГОСТ 8607-74.** Светильники с лампами накаливания для освещения квартир жилых домов.

5.5. **ГОСТ 6047-75.** Прожекторы общего назначения. Общие технические условия

5.6. **ГОСТ 22758-77Е.** Светильники для внутреннего освещения зданий. Общие технические условия

5.7. **ГОСТ 15150-69.** Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

5.8. **ГОСТ 16962-71.** Изделия электронной техники и электротехники. Механические и климатические воздействия. Требования и методы испытаний.

5.9. **ГОСТ 12.27020-76.** Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка.

5.10. **Публикация 162** Международной электротехнической комиссии. Светильники с трубчатыми люминесцентными лампами.

Publication 598-1. Luminaires Part 1; General requirements and tests. Geneve, 1979.

5.11. **Публикация 25** Международной комиссии по правилам приемки электрооборудования. Светильники бытового и аналогичного назначения с лампами накаливания.

5.12. **РС 2622-70.** Электрическая осветительная аппаратура для ламп накаливания, ртутных или люминесцентных ламп. Общие технические требования и методы испытаний.

5.13. **РС 4477-74.** Арматура электрическая осветительная для ламп накаливания, ртутных и люминесцентных ламп. Светотехнические требования

5.14. **ГОСТ 12.2.007.13-75.** Система стандартов безопасности труда. Изделия светотехнические. Требования безопасности.

5.15. **Островский М. А.** Техника наружного освещения городов. — В кн.: Итоги науки и техники. Светотехника и инфракрасная техника, т. 3. М.: ВИНИТИ, 1973, с. 247.

5.16. **Frier J. P., Frier M. E G.** Industrial Lighting Systems. McGraw—Hill Book Co., 1980. p 322.

5.17. **Живов М. С.** Индустриальный монтаж осветительных установок. — М.: Энергия, 1978 — 88 с.

5.18. **Зак С. М.** Монтаж светильников с газоразрядными лампами. — М.: Энергия, 1971. — 96 с.

5.19. **Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б., Пятигорский В. М.** Новый принцип внутреннего освещения осветительными устройствами со щелевыми световодами. — Светотехника, 1976, № 2, с. 1—5.

5.20. **Аничхин А. Г., Ефимкина В. Ф** Совмещенные системы освещения и кондиционирования/Под ред Ю. Б. Айзенберга. — М.: Энергия, 1972. — 136 с.

5.21. **Саттаров Д. К.** Волоконная оптика. — М.: Машиностроение, 1973 — 250 с.

5.22. **Кучинин Л. М.** Световоды — М: Энергия, 1973. — 176 с.

5.23. **Скобелев В. М.** Световые приборы автомобилей и тракторов. — М.: Энергоиздат, 1981. — 280 с.

5.24. **Исследование**, конструирование и технология изготовления осветительных приборов Сборники материалов научно-технических конференций в Риге (1968), Тернополе (1969, 1979), Таллине (1971), Киеве (1973) — М.: Информэлектро

5.25. **Боленок В. Е.** Производство электроосветительных приборов. — М: Энергоиздат, 1981 — 303 с.

5.26. **Айзенберг Ю. Б., Ефимкина В. Ф.** Осветительные приборы с люминесцентными лампами. — М: Энергия, 1968. — 368 с.

5.27. **Комплектные** осветительные устройства типа КОУ со щелевыми световодами/Ю. Б Айзенберг, Г. Б. Бухман и др. — Светотехника, 1981, № 11, с. 20—23.

Раздел шестой

ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ

6.1. ФУНКЦИИ И ПАРАМЕТРЫ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

Пускорегулирующий аппарат (ПРА) — это светотехническое изделие, с помощью которого осуществляется питание ГЛ от электрической сети, обеспечивающее необходимые режимы зажигания, разгорания и работы ГЛ, конструктивно оформленное в виде единого аппарата либо нескольких отдельных блоков. Электрические, световые и эксплуатационные параметры ГЛ существенно зависят от ПРА [32—34; 6.1—6.8]. Поэтому параметры ГЛ и аппарата следует оптимизировать по показателям единого комплекта ГЛ—ПРА при его работе в светотехнической установке.

Основные функции ПРА состоят в том, что аппарат обеспечивает:

1. Зажигание ГЛ, которое заключается в пробое межэлектродного промежутка и формировании в нем требуемого вида разряда. Для надежного зажигания ГЛ аппарат должен иметь определенные выходные характеристики в режиме холостого хода, т. е. в режиме работы схемы включения при негорящей лампе. Повторное зажигание после кратковременного перерыва питания высокотемпературной ГЛ, как правило, требует на порядок большего напряжения, чем для зажигания холодной ГЛ.

2. Разгорание ГЛ, т. е. процесс установления рабочих характеристик лампы после зажигания. Продолжительность разгорания определяется наполнением лампы, соотношением температур ее колбы в холодном и рабочем состояниях, характеристиками ПРА. У ксеноновых ламп высокого давления (типа ДКсТ) и ртутных ламп низкого давления (люминесцентных) продолжительность разгорания невелика (3—5 мин); у высокотемпературных ГЛ с парами металлов (НЛВД, НЛНД, РЛВД, МГЛ) продолжительность разгорания больше (5—15 мин). Характер изменения тока лампы в процессе разгорания и продолжительность последнего зависят также от типа и характеристик ПРА (рис. 6.1).

3. Устойчивость режима работы ГЛ в контуре, заключающуюся в способности контура автоматически

восстанавливать исходное значение тока при флюктуационных изменениях последнего. Наличие данной функции у ПРА, которая выполняется его элементом, включенным последовательно с ГЛ — балластом, связано со

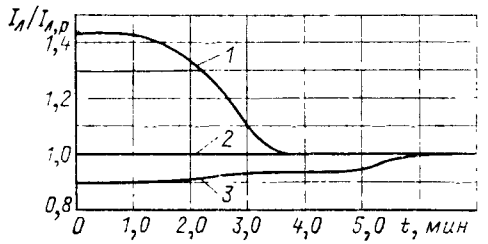


Рис. 6.1. Зависимости относительного значения тока лампы типа ДРИ-250 от времени разгорания.

1 — с индуктивным балластом; аппарат 1ДБИ-250ДРЛ/220-В-033; *2* — с емкостно-индуктивным балластом ($k=x_C/x_L=2{,}6$; время разгорания 5 мин); *3* — с емкостно-индуктивным балластом ($k=3{,}5$).

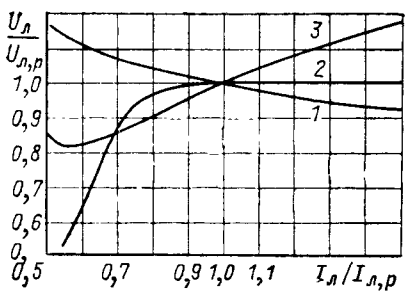


Рис. 6.2. Типичные вольт-амперные характеристики разрядных ламп.

1 — люминесцентная лампа 40 Вт ($U_{л,р}=103$ В; $I_{л,р}=0{,}43$ А); *2* — ДРИ 250 ($U_{л,р}=130$ В; $I_{л,р}=2{,}3$ А); *3* — ДКсТ 10000 ($U_{л,р}=220$ В; $I_{л,р}=50$ А).

оценки условий работы лампы в контуре чаще всего используются коэффициенты нестабильности тока, мощности и светового потока ГЛ по напряжению сети. На возрастающем участке характеристики *2* (рис. 6.2) лампа не может работать без балласта, поскольку при быстром изменении тока, когда температура колбы остается практически постоянной, статическая характеристика будет падающей.

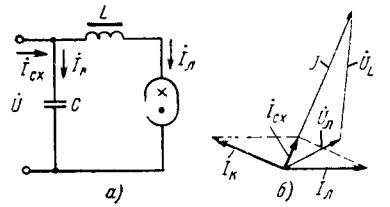


Рис. 6.3. Способ индивидуальной компенсации реактивной мощности комплекта ГЛ—ПРА (*а*) и поясняющая его векторная диаграмма (*б*).

Таким образом, большинство типов ГЛ подключается через балластный элемент ПРА к питающей сети с напряжением U, причем коэффициент использования

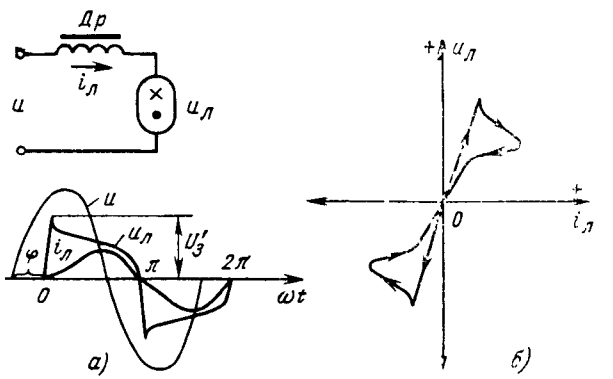


Рис. 6.4. Осциллограммы тока и напряжений для контура ГЛ—индуктивный балласт (*а*) и динамическая вольт-амперная характеристика лампы при 50 Гц (*б*).

спецификой статической вольт-амперной характеристики ГЛ — связи между действующими значениями напряжения $U_л$ и тока лампы $I_л$. При установившейся для каждого значения тока температуре колбы ГЛ статическая вольт-амперная характеристика (рис. 6.2) может быть падающей (кривая *1*), безразличной (кривая 2) и возрастающей (кривая *3*). Обеспечить устойчивый режим работы от источника напряжения без балласта принципиально невозможно для ГЛ с падающей (например, ЛЛ) и безразличной (например, ДРЛ, ДРИ, МГЛ) характеристиками. Для ГЛ с возрастающей вольт-амперной характеристикой (например, ксеноновая лампа типа ДКсТ) устойчивая работа от сети возможна и без балласта, но при малом наклоне возрастающей ветви кривой *3* к оси токов это не всегда экономически целесообразно из-за низкой стабильности работы лампы. Стабильность — способность комплекта ГЛ—ПРА сохранять близкие к исходным характеристики при изменениях параметров элементов схемы и внешних условий (например, напряжения сети, температуры) — оценивается коэффициентами нестабильности, т. е. коэффициентами пропорциональности (приближению) между относительными приращениями параметров лампы и относительными приращениями факторов, вызвавших изменения параметров ГЛ. Для

последнего $m=U_л/U$ обычно находится в пределах от 0,45 до 0,7. Значения m ограничиваются снизу экономическими показателями комплекта ГЛ—ПРА (при уменьшении m, постоянных мощности и напряжении сети возрастает доля приэлектродных потерь в лампе, увеличиваются масса и габариты аппарата, а также потери мощности в нем), а сверху — резким ухудшением стабильности работы ГЛ. При работе от сетей постоянного тока в качестве балластного элемента ПРА используется резистор, а переменного — индуктивный или емкостно-индуктивный балласт. Использование активного балласта в сетях переменного тока нецелесообразно в связи с большими потерями мощности в ПРА, снижением световой отдачи и срока службы ГЛ из-за искажения формы кривой тока. Чисто емкостный балласт неприменим для большинства типов ГЛ (исключение — лампы ДКсТ), питаемых от сетей переменного тока промышленной частоты, так как при его использовании резко искажается форма кривой тока ГЛ, т. е. снижаются ее световая отдача и срок службы. Следует отметить, что емкостно-индуктивный балласт практически по всем своим показателям уступает индуктивному и его использование (за исключением специальных случаев) оправдано лишь совместно с индуктивным в двухламповых схемах с расщепленной фазой для уменьше-

ния пульсаций светового потока двухлампового светильника.

Помимо указанных основных функций ПРА выполняет и ряд дополнительных.

Компенсация реактивной мощности комплекта ГЛ—ПРА необходима для обеспечения рациональной загрузки трансформаторных подстанций и осветительных распределительных сетей. Увеличение коэффициента мощности схемы включения ГЛ, работающей с индуктивным балластом, может достигаться подключением параллельно сетевым выводам компенсирующего конденсатора индивидуально для каждого ПРА (рис. 6.3, *а*) или общего для группы индуктивных комплектов ГЛ—ПРА. Векторная диаграмма (рис. 6.3, *б*) поясняет, как ток конденсатора компенсирует реактивную составляющую тока цепи ГЛ — дроссель. Показанный на рис. 6.3 сдвиг фаз между $U_л$ и $I_л$ является следствием замены при построении векторной диаграммы несинусоидальных по форме $U_л$ и $I_л$ на синусоидальные. Согласно осциллограммам (рис. 6.4) сдвиг фаз между током и напряжением ГЛ отсутствует, поэтому статическое сопротивление ГЛ является активным, нелинейным, искажающим (не совпадают формы $u_л$ и $i_л$). В связи с этим мощность ГЛ определяется как $P_л = k_л U_л I_л$, где $k_л$ — коэффициент мощности ГЛ, меньший единицы и зависящий от типа ГЛ, балласта и частоты питающей сети. Компенсация реактивной мощности достигается в двухламповых комплектах при параллельном включении ГЛ с индуктивным балластом и ГЛ с емкостно-индуктивным балластом (схемы с расщепленной фазой, применяемые для снижения пульсаций светового потока). Следует иметь в виду, что коэффициент мощности в компенсированных ПРА из-за несинусоидальности формы тока ГЛ принципиально всегда меньше единицы.

Подавление радиопомех, создающихся при работе комплекта ГЛ—ПРА, достигается введением в ПРА специальных фильтров. Источником радиопомех являются наружные электромагнитные поля, создаваемые ГЛ и элементами контура, а также распределительная сеть, в которую попадают высшие гармонические составляющие тока лампы. Фильтрами подавляется лишь последний вид помех. Для этого при монтаже светильника параллельно лампе или сетевым выводам ПРА подключаются конденсаторы малой емкости (сотые, тысячные доли микрофарады).

Снижение пульсаций светового потока ГЛ, неизбежно возникающих при питании переменным током (см. разд 4), осуществляется в двухламповом светильнике при использовании ПРА с «расщепленной» фазой. Однако при малом значении m сдвиг фаз в параллельных ветвях схемы почти 180°, и пульсация не снижается. При мощности ГЛ более 100 Вт емкостно-индуктивный балласт практически не применяется из-за большой емкости конденсатора. Другие меры по снижению пульсаций — включение ГЛ на разные фазы сети, использование трехфазных многоэлектродных ГЛ, высокочастотного питания, прямоугольной формы тока, работа ГЛ от выпрямленного напряжения сети переменного тока.

Структурная схема комплекта ГЛ—ПРА, представленная на рис. 6.5, содержит следующие элементы: *1* — лампа; *2* — балласт; *3* — зажигающее устройство, которое может включаться последовательно с ГЛ, либо параллельно ей, или параллельно сетевым вводам ПРА; *4* — помехоподавляющие элементы; *5* — компенсирующий элемент. Следует иметь в виду, что в зависимости от назначения реальный аппарат может не содержать некоторых из указанных элементов, а один и тот же элемент ПРА может выполнять несколько функций.

Классификация по условиям зажигания и работы ГЛ позволяет выделить следующие основные группы ПРА: зажигания ГЛ напряжением холостого хода, не имеющим импульсной формы, при холодных (ПРА мгновенного зажигания) и предварительно подогретых (ПРА быстрого зажигания) электродах; зажигания ламп импульсом напряжения; импульсного режима работы ГЛ; специального назначения (для работы ГЛ от сетей постоянного тока и повышенной частоты, системы регулировки светового потока ГЛ и т. д.).

В данном разделе рассматриваются схемы и параметры ПРА первых трех групп, поскольку преимущественно эти типы аппаратов в комплекте с ГЛ используются в целях освещения.

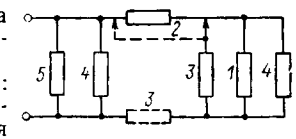


Рис. 6.5. Структурная схема комплекта ГЛ—ПРА.

Параметры ПРА целесообразно подразделить на три группы: пусковые, рабочие и эксплуатационные.

Пусковые параметры: форма, частота, действующее значение напряжения холостого хода ($U_х$), т. е. напряжения, подаваемого аппаратом на негорящую ГЛ; напряжение $U_{п.п}$ (или ток $I_{п.п}$) предварительного подогрева электродов ГЛ; форма, частота повторения, длительность, амплитуда и энергия зажигающих импульсов напряжения; пусковой ток, обеспечиваемый ПРА при разгорании ГЛ.

Основные рабочие параметры:

а) мощность лампы при включении в сеть с номинальными частотой и напряжением в установившемся рабочем режиме должна быть не менее 92,5 % мощности этой же лампы, включенной с дросселем образцовым измерительным (ДОИ) в сеть с частотой и напряжением, являющимися номинальными для данного типа ДОИ;

б) напряжения (токи) на отдельных элементах ПРА, обусловленные необходимостью иметь определенный рабочий режим ГЛ;

в) коэффициент амплитуды $k_а$ кривой тока ГЛ характеризующий ее форму, не должен превышать 1,7, что регламентируется с целью уменьшения отрицательного влияния искажения формы тока на срок службы ГЛ. Если учитывать влияние формы тока на световые характеристики ГЛ, то ограничение по $k_а$ следовало бы сделать более жестким ($k_а \leqslant 1{,}55$);

г) потери мощности в ПРА обычно составляют 5—40 % мощности ГЛ, уменьшаясь при ее увеличении;

д) тепловые характеристики ПРА и его элементов определяются, например, максимальной рабочей температурой $t_к$ обмотки аппарата, при которой ее ресурс составляет 10 лет. Наиболее употребительные значения $t_к$ 105, 120, 130 °С;

е) коэффициент мощности схемы определяет фазу и форму потребляемого из сети тока при работе лампы с ПРА. Различают индуктивные, емкостные и компенсированные ПРА.

Коэффициент мощности компенсированных схем в установившемся рабочем режиме при номинальном U должен быть не менее 0,85 для ПРА, предназначенных для включения одной или нескольких последовательно соединенных ГЛ, и 0,92 — для ПРА с расщеплением фазой;

ж) напряжение подогрева $U_{п.р}$ электрода ГЛ в рабочем режиме (остаточное) нормируется для ПРА быстрого зажигания, обычно $U_{п.р}/U_{п.п} = 0{,}5$, т. е. имеет место компенсация подогрева электродов ГЛ в рабочем режиме. Необходимость компенсации вызвана экономическими соображениями, так как значение и фаза тока подогрева по отношению к рабочему току ГЛ ока-

зывают влияние на ее срок службы, остаточный подогрев увеличивает расход электроэнергии.

Эксплуатационные параметры:

а) срок службы ПРА — календарная продолжительность эксплуатации аппарата при заданной температуре обмотки до предельного состояния, оговоренного в стандартах или технических условиях на аппараты;

б) масса, габариты, установочные размеры ПРА, его стоимость;

в) тепловые и электрические параметры аппарата в аномальном режиме (режим работы аппарата, возникающий в реальных эксплуатационных условиях при отказе каких-либо элементов комплекта ГЛ—ПРА); длительность работы аппарата в аномальном режиме допускается не более 20 сут;

г) уровень шума, создаваемый ПРА, определяется по значению звуковой мощности при работе с номинальной ГЛ. Различают ПРА с нормальным, пониженным и особо низким уровнем шума;

д) конструктивное исполнение ПРА, по которому различают встроенные, предназначенные для установки в корпусе светильника или специальных кожухах, и независимые, устанавливаемые отдельно от светильника;

е) допустимые условия и режимы эксплуатации, области применения ПРА;

ж) род тока и частота напряжения питания.

Обозначение аппарата включает: цифру, указывающую на число ГЛ, включаемых с аппаратом; буквенное обозначение типа аппарата по назначению и составу входящих в него элементов (ДБ — балластный, УБ — стартерный, АБ — бесстартерный быстрого пуска, МБ — бесстартерный мгновенного зажигания); буквенное обозначение фазы потребляемого тока (И — индуктивный, Е — емкостный, К — компенсированный); дробь, в числителе которой указываются мощность и тип ГЛ, а в знаменателе — номинальное напряжение сети; букву А при наличии в многоламповом ПРА сдвига фаз между токами отдельных ламп; буквенное обозначение конструктивного исполнения (В — встроенное, Н — независимое) и группы по уровню шума (без обозначения — нормальный, П — пониженный, ПП — особо низкий); цифровое обозначение условного номера разработки (серии).

Примеры условных обозначений: 1УБИ-40/220-ВПП-910 — аппарат пускорегулирующий, одноламповый, стартерный, индуктивный, для ЛЛ мощностью 40 Вт, для включения в сеть 220 В, встроенного исполнения с особо низким уровнем шума, серия 910; 1ДБИ-400-ДРЛ/220-Н-641 — аппарат пускорегулирующий, одноламповый, содержащий балластный дроссель, для лампы ДРЛ мощностью 400 Вт, для включения в сеть 220 В, независимого исполнения, с нормальным уровнем шума, номер разработки 641.

С 1980 г. для вновь разрабатываемых аппаратов (исключая ПРА для ГЛ тлеющего разряда, стартеры, полупроводниковые и импульсные зажигающие устройства) используется новая система обозначений. Она содержит:

цифру, обозначающую число ГЛ, включаемых с аппаратом;

букву, обозначающую фазу потребляемого из сети тока при горящей лампе и наличие компенсации коэффициента мощности (И — индуктивный, Е — емкостный, К — компенсированный);

цифры, обозначающие мощность ГЛ в ваттах;

букву, обозначающую группу аппарата по уровню шума (Н — нормальный, П — пониженный, А — особо низкий, С — очень низкий уровень шума);

двухзначное число (01-99), обозначающее номер серии;

трехзначное число (001-999), обозначающее номер исполнения;

климатическое исполнение и категория размещения (ХЛ — холодный, У — умеренный, Т — тропический климатические пояса, цифры 1—5 согласно ГОСТ 15150-69).

6.2. СХЕМЫ, КОНСТРУКЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

6.2.1. АППАРАТЫ МГНОВЕННОГО ЗАЖИГАНИЯ

К этой группе относятся ПРА, обеспечивающие зажигание ГЛ при холодных электродах переменным напряжением, не имеющим импульсной формы. По набору элементов в ПРА, их конструктивному исполнению, а также по соотношению основных параметров ГЛ и напряжения питающей сети схемные решения ПРА данной группы можно подразделить на несколько разновидностей.

Простейшие схемы наиболее экономичны, так как состоят (при отсутствии дополнительных требований) из одного элемента — балластного, обеспечивающего устойчивость пускового и рабочего режимов ГЛ. Простейшие схемы пригодны лишь для таких ГЛ, у которых напряжение зажигания $U_з$ меньше напряжения питающей сети U (причем $U_{з,ср}+3\sigma_{U_з}<0{,}9U$, где $U_{з,ср}$ — среднее значение напряжения зажигания данного типа ГЛ в данных эксплуатационных условиях, а $\sigma_{U_з}$ — среднеквадратичное отклонение от среднего), а рабочее напряжение на лампе таково, что $m=U_л/U\leqslant 0{,}7$. При таком соотношении параметров в простейших схемах обеспечиваются надежное зажигание всех ГЛ и светотехнической установке от напряжения сети и требуемая стабильность характеристик ГЛ при колебании U в реальных эксплуатационных условиях. В качестве балласта в подавляющем большинстве аппаратов данного вида используется дроссель. Типичным представителем указанных схем являются схемы включения четырехэлектродных ламп типа ДРЛ (рис. 6.6). Каждый поджигающий электрод ртутно-кварцевой горелки через резистор $R=10\div 12$ кОм, расположенный внутри наружного баллона, подключается к противоположному основному электроду. Резистор R ограничивает ток вспомогательного разряда и уменьшает ток утечки через зажигающие электроды лампы при горении последней. Основные параметры ПРА для ламп типа ДРЛ, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 6.1, а электрические схемы и габаритные размеры различных конструктивных исполнений показаны на рис. 6.7 и 6.8.

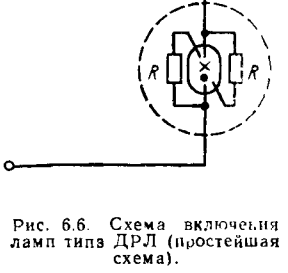


Рис. 6.6. Схема включения ламп типа ДРЛ (простейшая схема).

Резонансные схемы, как следует из названия, содержат индуктивные L и емкостные C элементы, образующие в режиме холостого хода ПРА последовательный контур. При включении ГЛ параллельно одному из этих элементов обеспечивается надежное зажигание с $U_з>U$ [обычно $U_з\leqslant(2\div 2{,}5)U$]. Последовательный элемент служит балластом ($m\leqslant 0{,}7$). Соотношение между собственной частотой резонансного контура ω_0 и частотой вынужденных колебаний ω определяет характер переходного процесса в контуре и относительные падения напряжения на его элементах в принужденном режиме. Соотношение $\omega_0=\omega$ в ПРА не используется.

На рис. 6.9 приведена двухламповая резонансна-

Таблица 6.1. Основные параметры ПРА для ламп типа ДРЛ

Тип аппарата	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70	Электрическая схема, рис. 6.7	Габаритные и установочные размеры: Рис. 6.8	габаритные, мм: L	B	H	установочные, мм: A	A_1	Ток в рабочем режиме, А	Коэффициент мощности, не менее	Потери мощности, Вт, не более	Масса, кг, не более
1ДБИ-80ДРЛ/220-В-432	У2	*а*	*а*	111	90	88	95	60	0,8	0,45	14,4	1,7
1ДБИ-80ДРЛ/220-В-033	У2, Т2	*б*	*б*	136	100	95	122	61	0,8	0,45	16,0	2,25
1ДБИ-125ДРЛ/220-В-432	У2	*а*	*а*	121	90	88	105	60	1,15	0,45	18,73	2,3
1ДБИ-125ДРЛ/220-В-033	У2, Т2	*б*	*б*	136	100	95	122	61	1,15	0,45	20,0	2,25
1ДБИ-250ДРЛ/220-В-432	У2	*а*	*а*	146	90	88	130	60	2,15	0,53	20,0	3,7
1ДБИ-250ДРЛ/220-В-033	У2, Т2	*б*	*б*	152	130	100	137	79	2,15	0,53	26,0	3,8
1ДБИ-250ДРЛ/220-Н-641	У1-У4, Т1-Т4	*в*	*г*	200	90	180	85	—	2,15	0,53	26,0	4,6
1ДБИ-250ДРЛ/220-Н-840	У1-У4, Т1-Т4	*в*	*г*	210	110	180		—	2,15	0,53	26,0	5,0
1ДБИ-250ДРЛ/220-В-027	У2, Т2	*г*	*в*	144	126	96,5	129	29	2,15	0,53	26,0	3,75
1ДБИ-400ДРЛ/220-В-432	У2	*а*	*а*	181	90	88	165	60	3,25	0,53	26,0	5,6
1ДБИ-400ДРЛ/220-В-033	У2	*б*	*б*	160	142	105	144	88	3,25	0,53	32,0	5,5
1ДБИ-400ДРЛ/220-В-013	У2	*в*	*в*	220	100	200		38	3,25	0,53	25,0	6,2
1ДБИ-400ДРЛ/220-Н-641	У1-У4, Т1-Т4	*в*	*г*	220	100	200	85	—	3,25	0,53	32,0	6,2
1ДБИ-400ДРЛ/220-Н-840	У1-У4, Т1-Т4	*в*	*г*	220	120	220		—	3,25	0,53	32,0	6,7
1ДБИ-700ДРЛ/220-В-432	У2	*а*	*а*	171	132	125	155	90	5,45	0,53	40,0	9,2
1ДБИ-700ДРЛ/220-В-014	У2	*б*	*в*	182	130	125	170	38	5,45	0,53	39,0	7,1
1ДБИ-700ДРЛ/220-Н-026	У1, Т3	*д*	*д*	172	120	190	85	—	5,45	0,53	31,5	9,5
1ДБИ-700ДРЛ/220-Н-028	У1, Т3	*д*	*е*	250	120	190		—	5,45	0,53	31,5	9,7
1ДБИ-1000ДРЛ/220-В-432	У2	*а*	*а*	206	132	125	190	90	7,5	0,53	50,0	12,5
1ДБИ-1000ДРЛ/220-В-015	У2	*б*	*в*	196	130	125	183	38	7,5	0,53	38,0	8,6
1ДБИ-1000ДРЛ/220-Н-026	У1, Т1	*д*	*д*	172	120	214	85	—	7,5	0,53	42,0	11,9
1ДБИ-1000ДРЛ/220-Н-028	У1, Т1	*д*	*е*	250	120	214		—	7,5	0,53	42,0	12,2
1ДБИ-2000ДРЛ/380-В-031	У2	*г*	*в*	220	142	134	205	90	8,0	0,53	80,0	18,3
1ДБИ-2000ДРЛ/380-Н-041	У1	*д*	*ж*	255	162	275	225	154	8,0	0,53	80,0	22

схема мгновенного зажигания (так называемая «с расщепленной фазой»), в которой для отстающей ветви (с лампой $Л_1$) в режиме холостого хода с экономической точки зрения целесообразно использовать соотношение $\omega_0 > \omega$ ($x_{L1}+x_{L2}<x_{C1}$), а для опережающей — $\omega_0 < \omega$ ($x_{L3}+x_{L4}>x_{C2}$). В указанном ПРА при соответствующем подборе элементов ($x_{C1}>x_{L2}$ и $x_{C2}/x_{L3}=2\div3$) напряжение холостого хода (на параллельных лампам цепочках C_1, $Др_2$ и $Др_4$) в установившемся режиме может примерно в 2,5 раза превышать U, что и обеспечивает надежное зажигание ГЛ с указанными выше соотношениями параметров. После зажигания ГЛ условия неполного резонанса в схеме нарушаются за счет шунтировки параллельных цепей малым внутренним сопротивлением ГЛ. Наличие дросселя $Др_2$ снижает отрицательное влияние емкости на форму кривой тока ГЛ, т. е. на ее световые характеристики и срок службы.

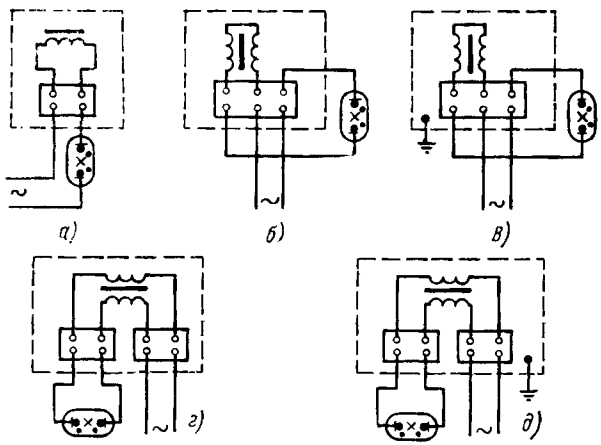


Рис. 6.7. Схемы ПРА электрические принципиальные для ламп типа ДРЛ (см. табл. 6.1).

Схема рис. 6.9 пригодна для ЛЛ с холодными электродами, а также для ГЛВД, питаемых от сетей повышенной частоты. В последнем случае схема упрощается, так как необходимость в элементах $Др_2$ и $Др_3$ отпадает.

В резонансных схемах с $\omega_0 \gg \omega$ напряжение холостого хода в принужденном режиме лишь незначительно (на 1—3 %) превышает U, поэтому для зажигания ГЛ в схемах с подобным соотношением элементов используется переходный процесс (мгновенное значение напряжения на конденсаторе может превышать в 2 раза амплитудное значение напряжения сети). Это используется в схемах включения ламп ДРТ мощностью 230—1000 Вт (рис. 6.10). Для снижения напряжения зажигания ГЛ проводящая полоса, расположенная на поверхности ее колбы, через конденсатор $C_1=300\div500$ пФ подключается к одному из электродов. Конденсатор $C_3 = 0{,}05\div0{,}007$ мкФ служит для подавления радиопомех. Резонансный контур в режиме холостого хода ПРА образуется балластом $Др$ и конденсатором $C_2 = 2\div4$ мкФ, который подключается только при зажигании лампы с помощью замыкающей кнопки $К$. Поскольку амплитуда напряжения на C_2 в переходном процессе зависит от момента коммутации параллельной цепи относительно фазы сетевого напряжения, целесообразно вместо $К$ использовать разрядник либо другой ключевой элемент, коммутирующий цепь при напряжениях, близких к амплитудному значению U. При этом порог срабатывания ключевого элемента должен быть больше максимального мгновенного значения рабочего напряжения на ГЛ.

Схемы с трансформаторами и автотрансформаторами с большим внутренним сопротивлением используются для ГЛ, у которых $m>0{,}7$. Поскольку $U_л$ соизмеримо с U, то обычно для этих ГЛ имеет место и $U_з>U$. Для обеспечения зажигания и стабильной работы ГЛ трансформатор (автотрансформатор) повышает напряжение сети до необходимого значения $U_т$ ($U_л/U_т\leqslant0{,}7$), а его внутреннее сопротивление индуктивного характера, появляющееся из-за неполной магнитной связи между обмотками (за счет потока рассеяния либо магнитного шунта, расположенного между обмотками) при горении ГЛ, создает устойчивый режим работы последней.

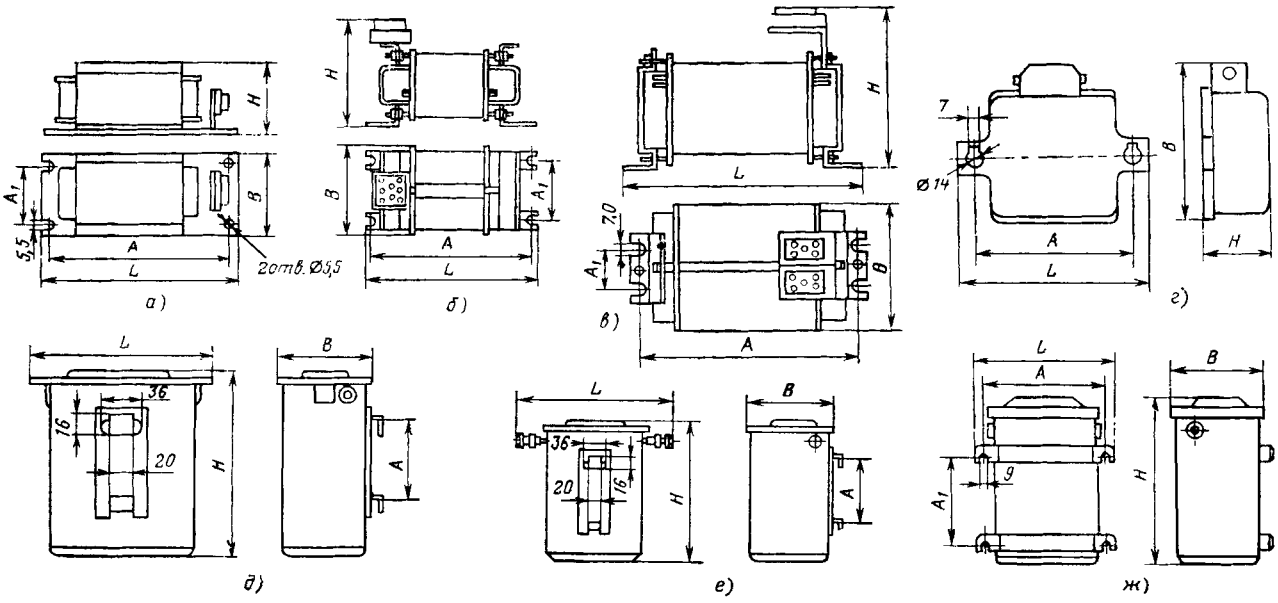


Рис. 6.8. Габаритные и установочные размеры ПРА для ламп типа ДРЛ (см. табл. 6.1).

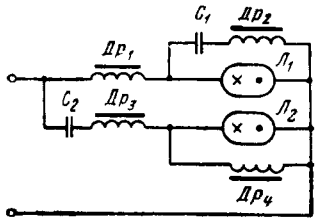


Рис. 6.9. Двухламповая резонансная схема мгновенного зажигания (схема «с расщепленной фазой»).

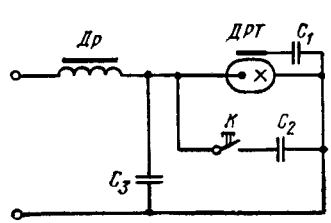


Рис. 6.10. Схема включения ламп типа ДРТ мощностью 230—1000 Вт.

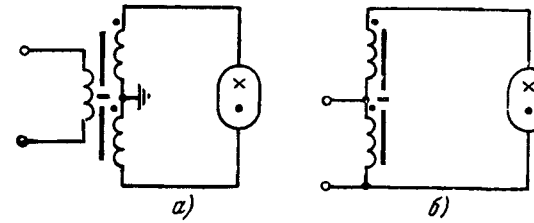


Рис. 6.11. Схемы включения ГЛ с трансформатором (*а*) и автотрансформатором (*б*) с большими внутренними сопротивлениями.

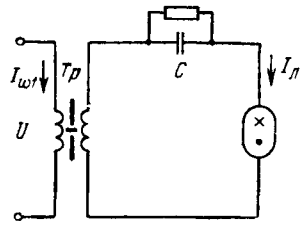


Рис. 6.12. Компенсированная схема включения ГЛ с трансформатором, имеющим большое внутреннее сопротивление.

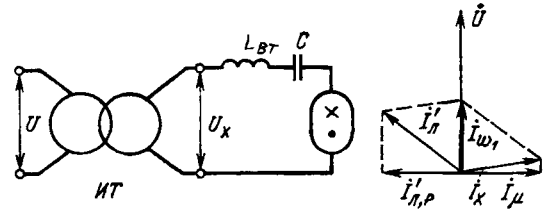


Рис. 6.13. Эквивалентная схема замещения и векторная диаграмма для схемы рис. 6.12.

ИТ — идеальный трансформатор; $L_{вт}$ — внутренняя индуктивность трансформатора, приведенная ко вторичной цепи; I_x — ток холостого хода; I_{w1} — ток первичной обмотки при горении лампы; $I'_л$ и $I'_{л,р}$ — соответственно приведенные к первичной цепи ток лампы и его реактивная составляющая; I_μ — ток подмагничивания.

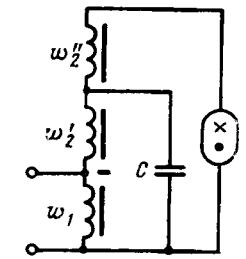


Рис. 6.14. Комбинированная схема включения ГЛ мгновенного зажигания.

Возможны два варианта схем данного вида: трансформаторная (рис. 6.11, *а*) и автотрансформаторная схема (рис. 6.11, *б*). Последняя позволяет уменьшить расход стали и обмоточного материала на изготовление ПРА, так как в ней энергия из первичной во вторичную цепь передается не только магнитным, но и электрическим путем. Схема рис. 6.11, *а* позволяет заземлять средний вывод вторичной обмотки для удовлетворения требований техники безопасности по напряжению на выводах ПРА относительно земли. Эта схема используется для включения рекламных газосветных трубок, а схема рис. 6.11, *б* — для включения НЛНД.

Коэффициент мощности схем рис. 6.11 не превышает 0,3. Компенсация реактивной мощности конденсатором, подключаемым параллельно сетевым выводам ПРА, экономически малоэффективна из-за большой емкости компенсирующего конденсатора. Значительно целесообразнее включение компенсирующего конденсатора последовательно с ГЛ во вторичную цепь трансформатора (рис. 6.12). Емкость конденсатора — десятки микрофарад при напряжении на нем до 1,5 U_x. Эквивалентная схема замещения такой цепи и векторная диаграмма (рис. 6.13) поясняют условие компенсации. Схема рис. 6.12 нашла широкое применение за рубежом (фирмы «Филлипс», «Осрам» и др.) для включения мощных ртутных и металлогалогенных ГЛВД, используемых в различных технологических процессах (полиграфия, светокопия и т. д.). Специфическое свойство емкостно-индуктивного балласта, образующего при $x_C/x_{L_{вт}} = 2{,}6$ вместе с сетью источник тока для ГЛ, позволяет унифицировать ПРА, создавая один модульный аппарат для серии ГЛ с одинаковым рабочим током, но различным расстоянием между электродами (разные $U_л$). Если U_x модульного аппарата не позволяет надежно зажигать и стабилизировать работу ГЛ, имеющих большую длину, то используются два трансформатора, первичные обмотки которых включаются параллельно, а вторичные — последовательно-согласно. Подбором емкости конденсатора C обеспечивается требуемый режим работы ламп. Автотрансформаторные схемы, аналогичные схеме рис. 6.12, используются для ламп ДРТ мощностью 3000, 5000 Вт и др.

Комбинированные схемы совмещают в себе конструктивные признаки разных схем (трансформаторной, резонансной, простейшей). При совмещении трансформаторного и резонансного принципов (рис. 6.14) при постоянном U_x уменьшается расход материалов на изготовление трансформатора на 20—30 %. В данной схеме U_x получается как геометрическая сумма напряжения на конденсаторе, которое за счет разонансных явлений существенно превышает U, и напряжения на обмотке w_2 автотрансформатора. Отрицательное влияние на характеристики ГЛ конденсатора C существенно сглаживается его включением параллельно ГЛ через часть витков вторичной обмотки. Конденсатор компенсирует реактивную мощность комплекта, а его емкость несколько меньше (на 10—15 %) емкости компенсирующего конденсатора, подключаемого к сетевым выводам ПРА. Подобные аппараты нашли довольно широкое применение в Японии.

6.2.2. АППАРАТЫ БЫСТРОГО ЗАЖИГАНИЯ (БЕССТАРТЕРНЫЕ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЛАМП)

К этой группе относятся аппараты, зажигающие ГЛ с подогревными электродами переменным напряжением, не имеющим импульсной формы. Для обеспечения требуемой температурной подготовки электродов ЛЛ перед их зажиганием в данных ПРА в основном используются накальные трансформаторы НТ.

Исходя из тех же критериев, которые были использованы для схем мгновенного зажигания, а также по способу подключения накального трансформатора схемные решения аппаратов данного типа можно подразделить на подгруппы, указанные в п. 6.2.1.

Простейшие схемы выполняются в двух вариантах (рис. 6.15): с компенсацией напряжения подогрева после зажигания лампы — рис. 6.15, *а* и без компенсации — рис. 6.15, *б*. Напряжение зажигания ЛЛ должно быть меньше напряжения сети, а $m = U_л/U \leqslant 0{,}7$. Поэтому такие схемы пригодны в основном для ЛЛ быстрого пуска с проводящей полосой или проводящим покрытием на колбе. Для обоих вариантов ПРА U_x мало отличается от напряжения сети. В схеме рис. 6.15, *а* (так называемой английской) подогрев электродов ЛЛ в рабочем режиме компенсирован ($U_{п.\,п}/U_{п.\,р} \approx \approx 2$). Данная схема не может быть выполнена с емкостным балластом, поэтому компенсация реактивной мощности возможна только включением компенсирующего конденсатора параллельно сетевым выводам. В схеме рис. 6.15, *б* может использоваться как индуктивный, так и емкостно-индуктивный балласт, так что возможны сглаживание пульсаций светового потока по схеме с расщепленной фазой и повышение коэффициента мощности. Подогрев электродов в схеме рис. 6.15, *б* не компенсируется, поэтому ЛЛ должны иметь электроды, не теряющие эмиссионных свойств при длительном

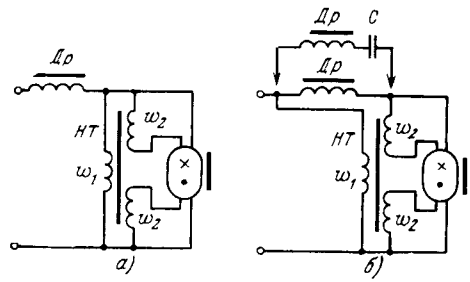


Рис. 6.15. Простейшие бесстартерные схемы включения ЛЛ.

подогреве большим током в рабочем режиме и обладающие малым внутренним сопротивлением для уменьшения потерь в ПРА. Данные схемы позволяют использовать балласты стартерных аппаратов для ЛЛ (см. п. 6.2.3), т. е. унифицировать важнейший элемент ПРА.

Резонансные схемы содержат индуктивно-емкостные элементы, что позволяет надежно зажигать ЛЛ с $U_з > U$. В схеме рис. 6.16 в режиме холостого хода резонансная цепочка: дроссель $Др$, первичная обмотка накального трансформатора w_1 с приведенным к ней сопротивлением вторичной цепи и конденсатор C — обеспечивает U_x на параллельных ЛЛ элементах, в 1,3—1,5 раза превосходящее напряжение сети.

После зажигания ЛЛ напряжение на параллельной ей ветви снижается до $U_л$, что приводит к компенсации подогрева электродов ($U_{п.\,п}/U_{п.\,р} = 2 \div 2{,}5$). Вариант схемы рис. 6.16 с емкостно-индуктивным балластом практически не применяется, так как используемые в нем способы защиты накального трансформатора от несимметричного режима работы лампы делают ПРА с данным схемным решением экономически малоэффективным.

Схемы с автотрансформаторами с большим внутренним сопротивлением (рис. 6.17) имеют накальные обмотки w_3, обеспечивающие подогрев электродов ЛЛ при зажигании. Накал электродов лампы в рабочем режиме может быть компенсирован, если обмотки w_3 будут располагаться на том же участке магнитопровода автотрансформатора, где размещается его вторичная обмотка w_2. Поскольку схема данного типа целесообразна лишь при $m > 0{,}7$, что достаточно редко встречается у ЛЛ, ПРА со схемным решением рис. 6.17 имеет ограниченное применение.

Комбинированные схемы сочетают те или иные конструктивные принципы, указанные выше. На рис. 6.18 приведена наиболее целесообразная бесстартерная схема с емкостно-индуктивным балластом, в которой комбинируются автотрансформаторный и простейший по способу включения накального трансформатора принципы. В режиме холостого хода схемы сетевое напряжение подается на цепочку, состоящую из дополни-

Таблица 6.2. Основные параметры бесстартерных аппаратов для ЛЛ

Тип аппарата	Климатическое исполнение и категория размещения	Номер рисунка	Ток сети, А	Потери мощности в % к P, не более	Коэффициент мощности, не менее	Масса, кг	t_ω
1АБИ-40/220-В-091*	У4	6.19,*а*	0,44	33(20)	0,5	3,0(2,15)	—
2АБИ-150/380-В-040	ХЛ4	6.19,*б*	2,2	27	0,45	6,4	105

* В скобках в таблице и на рис. 6.19, *а* указаны параметры аппарата высшей категории качества.

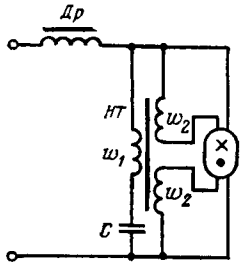


Рис. 6.16. Резонансная бесстартерная схема включения ЛЛ.

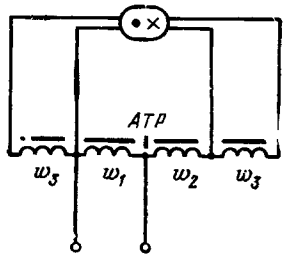


Рис. 6.17. Бесстартерная схема включения ЛЛ с автотрансформатором, имеющим большое внутреннее сопротивление.

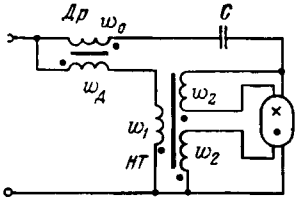


Рис. 6.18. Бесстартерная схема включения ЛЛ с емкостно-индуктивным балластом (комбинированная схема).

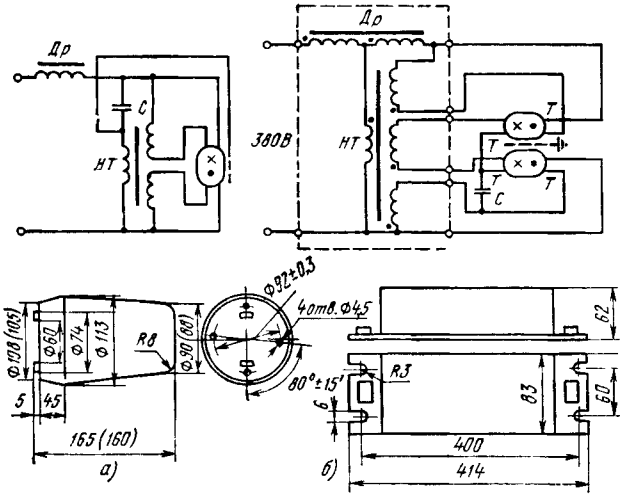


Рис. 6.19. Принципиальные электрические схемы и габаритные, установочные размеры ПРА быстрого зажигания.

а — для ЛЛ мощностью 40 Вт; *б* — для высокоинтенсивной ЛЛ типа ЛФР 150 (*Т* — токоведущие штырьки цоколя, расположенные справа, если выходное окно лампы ориентировано вниз).

тельной обмотки дросселя $w_д$ и первичной обмотки w_1 накального трансформатора, что обеспечивает предварительный подогрев электродов лампы и отношение $U_х/U$ до 1,2—1,3. После зажигания ЛЛ накал ее электродов компенсируется ($U_{в.д}/U_{в.р} = 1{,}5 \div 2{,}0$), так как ток лампы создает на обмотке $w_д$ дросселя напряжение, которое уменьшает напряжение на обмотке w_1 накального трансформатора. Вторичные обмотки w_2 должны включаться встречно с первичной, так как в противном случае создается такое распределение потенциалов по электродам горящей ЛЛ, что катодное пятно перемещается на сетевой конец электрода, разрядный ток лампы ответвляется в обмотки w_2 и перегревает ПРА.

Бесстартерные аппараты для ЛЛ заметно уступают стартерным по расходу материалов на изготовление ПРА и потерям мощности в них. Однако они имеют и принципиальное преимущество — возможность регулирования условий зажигания ЛЛ. Поэтому аппараты данной группы следует использовать лишь в тех эксплуатационных условиях, где стартерные схемы либо не обеспечивают надежного зажигания ЛЛ, либо не могут применяться по условиям техники безопасности.

Основные параметры бесстартерных ПРА, их электрические схемы, габаритные, установочные размеры приведены в табл. 6.2 и на рис. 6.19.

6.2.3. АППАРАТЫ ДЛЯ ЗАЖИГАНИЯ ЛАМП ИМПУЛЬСОМ НАПРЯЖЕНИЯ

К данной группе относятся аппараты, обеспечивающие зажигание ЛЛ с холодными и подогревными электродами напряжением импульсной формы, т. е. содержащие в наборе элементов импульсные генераторы, которые функционируют лишь в режиме зажигания ЛЛ и отключаются (чаще всего автоматически) при их горении. Указанный тип схем целесообразно использовать с ЛЛ, у которых $U_з > U$, но $m \leqslant 0{,}7$ (исключение составляют лампы, которые могут работать без балласта, т. е. при $m = 1$, см. § 6.1). По типу накопителя энергии схемы подразделяются на индуктивные и емкостные, по типу коммутирующего элемента — с электронным и полупроводниковым ключами, по способу подключения импульсного генератора по отношению к лампе — на параллельного и последовательного поджига.

Схемы со стартером тлеющего разряда, широко применяемые для ЛЛ, содержат индуктивный накопитель энергии (рис. 6.20). При подаче напряжения сети зажигается разряд в инертном газе, наполняющем баллон стартера *Ст*. Разряд нагревает биметаллические контакты стартера, и они замыкаются, обеспечивая подогрев электродов ЛЛ током, ограниченным балластом. После остывания контактов стартера они размыкаются, и за счет энергии, запасенной в магнитном поле индуктивного элемента контура, возникает импульс напряжения, обеспечивающий пробой межэлектродного промежутка лампы и ее зажигание. Конденсатор C_1 (емкость 10 000—12 000 пФ), расположенный в стартере, уменьшает амплитуду, но увеличивает длительность

Таблица 6.3. Электрические параметры стартерных пускорегулирующих аппаратов для ЛЛ

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Схема включения по рис. 6.21	Ток, А	Потери мощности, %	Коэффициент мощности	Температура обмотки, °С
2УБИ-15/220-ВПП-800, 810 2УБЕ-15/220-ВПП-800, 810	15	*д* *з*	0,33	29 33	0,5	120, 105
1УБИ-22к/220-ВПП-800, 802	22	*а*	0,38	50	0,35	120
1УБИ-32к/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-32к/220-ВПП-800, 802	32	*а* *б*	0,41	35 38	0,45	
2УБИ-20/220-ВПП-800, 802 2УБЕ-20/220-ВПП-800, 802	20	*д* *г*	0,37	24 26	0,55	
1УБИ-30/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-30/220-ВПП-800, 802	30	*а* *ж*	0,36	27 31	0,5	
1УБИ-40/220-ВПП-800, 802 1УБИ-40/220-ВПП-810, 812	40	*а* *а*	0,43	24 24	0,5	120, 105
1УБЕ-40/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-40/220-ВПП-810, 812		*ж* *б*		26 26		
1УБИ-8/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-8/127-ВПП-900, 910	8	*а* *б*	0,17	37 45	0,5	105, 120
1УБИ-13/220-ВПП-900, 910 1УБЕ-13/220-ВПП-900, 910	13	*а* *б*	0,175	37 45		
1УБИ-15/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-15/127-ВПП-900, 910	15	*а* *б*	0,33	29 33		
1УБИ-20/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-20/127-ВПП-900, 910	20	*а* *б*	0,37	27 31		
1УБИ-30/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-30/220-ВПП-900, 902	30	*а* *б*	0,36	26 28		
2УБИ-20/220-ВПП-900, 910 2УБЕ-20/220-ВПП-900, 910	20	*в* *г*	0,37	25 27	0,55	
1УБИ-40/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-40/220-ВПП-900, 902	40	*а* *б*	0,43	25 27	0,5	
1УБИ-65/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-65/220-ВПП-900, 902	65	*а* *б*	0,67	25 27		
1УБИ-80/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-80/220-ВПП-900, 902	80	*а* *б*	0,865	22 24		
1УБИ-20/220-ВПП-110, 111 2УБИ-20/220-ВПП-100, 110 2УБЕ-20/220-ВПП-100, 110	20	*а* *д* *е*	0,37	35 20 22	0,5 0,6 0,5	120 120, 130 120, 130
1УБИ-30/220-ВПП-100, 110 1УБЕ-30/220-ВПП-100, 110	30	*а* *б*	0,36	24 28	0,45	120, 130
1УБИ-40/220-ВПП-100, 110 1УБЕ-40/220-ВПП-100, 110	40	*а* *б*	0,43	22 24	0,5	120, 130

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Схема включения по рис. 6.21	Ток, А	Потери мощности, %	Коэффициент мощности	Температура обмотки, °С
1УБИ-65/220-ВПП-100, 110 1УБЕ-65/220-ВПП-100, 110	65	*а* *б*	0,67	22 24	0,5	120, 130
2УБИ-4/220-ВПП-050 2УБЕ-4/220-ВПП-050	4	*в* *г*	0,15 0,16	57 62	0,35 0,35	120
2УБИ-6/220-ВПП-050 2УБЕ-6/220-ВПП-050	6	*в* *г*	0,15 0,16	47 51	0,45 0,45	
2УБИ-8/220-ВПП-050 2УБЕ-8/220-ВПП-050	8	*в* *г*	0,17 0,18	36 43	0,50 0,50	
1УБИ-13/220-ВПП-050 1УБЕ-13/220-ВПП-050	13	*а* *б*	0,175 0,185	42 49	0,45 0,45	
2УБИ-20/220-ВПП-070	20	*в*	0,37	24	0,5	105
2УБЕ-20/220-ВПП-070		*г*		26		
1УБИ-40/220-ВПП-070	40	*а*	0,43	24		
1УБЕ-40/220-ВПП-070		*б*		26		
1УБИ-15/127-ВП-051 1УБЕ-15/127-ВП-051	15	*а* *ж*	0,33	27 33	0,5	105
1УБИ-20/127-ВП-051 1УБЕ-20/127-ВП-051	20	*а* *ж*	0,37	25 31		
1УБИ-30/220-ВП-051 1УБЕ-30/220-ВП-051	30	*а* *ж*	0,36	22 28	0,45	
1УБИ-40/220-ВП-051 1УБЕ-40/220-ВП-051	40	*а* *ж*	0,43	22 28	0,5	105
1УБИ-40/220-ВП-580 1УБЕ-40/220-ВП-580		*а* *ж*		23 25		120
1УБИ-40/220-ВП-581 1УБЕ-40/220-ВП-581		*а* *ж*		23 25		105
1УБИ-80/220-ВП-590 1УБЕ-80/220-ВП-590	80	*а* *ж*	0,865	20 22		120
1УБИ-80/220-ВП-591 1УБЕ-80/220-ВП-591		*а* *ж*		20 22		105
1УБИ-4/110-ВП-003 1УБЕ-4/110-ВП-003	4	*а* *ж*	0,15	67 83	0,4	105
1УБИ-6/110-ВП-003 1УБЕ-6/110-ВП-003	6	*а* *ж*		49 64	0,5	
1УБИ-8/110-ВП-003 1УБЕ-8/110-ВП-003	8	*а* *ж*	0,17	40 47	0,55	
1УБИ-15/110-ВП-003 1УБЕ-15/110-ВП-003	15	*а* *ж*	0,33	27 33		
1УБИ-20/110-ВП-003 1УБЕ-20/110-ВП-003	20	*а* *ж*	0,37	25 31		

Продолжение табл. 6.3

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Схема включения по рис. 6.21	Ток, А	Потери мощности, %	Коэффициент мощности	Температура обмотки, °С
1УБИ-80/220-ВП-200, 201 1УБЕ-80/220-ВП-200, 201	80	*а* *ж*	0,865	18 20	0,5	120
1УБИ-80/220-ВП-210, 211 1УБЕ-80/220-ВП-210, 211	80	*а* *ж*	0,865	18 20	0,5	105
1УБИ-80/220-ВП-700, 701 1УБЕ-80/220-ВП-700, 701	80	*а* *ж*	0,865	20 22	0,5	120
1УБИ-80/220-ВП-710, 711 1УБЕ-80/220-ВП-710, 711	80	*а* *ж*	0,865	20 22	0,5	105
1УБИ-80/220-ВП-700, 701 1УБЕ-80/220-ВП-700, 701 1УБИ-80/230-ВП-700, 701 1УБЕ-80/230-ВП-700, 701	80	*а* *ж* *а* *ж*	0,865	21 23 21 23	0,5	120
1УБИ-80/230-ВП-700, 701 1УБЕ-80/230-ВП-700, 701 1УБИ-80/240-ВП-700, 701 1УБЕ-80/240-ВП-700, 701	80	*а* *ж* *а* *ж*	0,865	22 24 22 24	0,5	120
1УБИ-15/127-ВПП-090, 091 1УБИ-20/127-ВПП-090, 091 1УБИ-30/220, 230, 240-ВПП-090, 091, 093, 094	15 20 30	*а*	0,33 0,37 0,36	29 27 23	0,45	105, 120
1УБИ-40/220, 230, 240-ВПП-090, 091, 093, 094 1УБЕ-40/220, 230, 240-ВПП-090, 091, 093, 094	40 40	*а* *ж*	0,43 0,43	22 26	0,5	105, 120
1УБИ-80/220, 230, 240-ВПП-090, 091, 093, 094 1УБЕ-80/220, 230, 240-ВПП-090, 091, 093, 094	80	*а* *ж*	0,865	19	0,5	105, 120

импульса напряжения и время подогрева электродов ЛЛ, т. е. способствует более надежному зажиганию последней. К тому же C_1 подавляет радиопомехи. При горении лампы параллельная ей цепь автоматически отключается, так как напряжение зажигания стартера больше максимального значения напряжения на лампе. В схеме может использоваться как индуктивный, так и емкостно-индуктивный балласт. Однако в последнем случае зажигание лампы несколько затрудняется из-за меньших токов подогрева электродов ЛЛ и амплитуды зажигающего импульса.

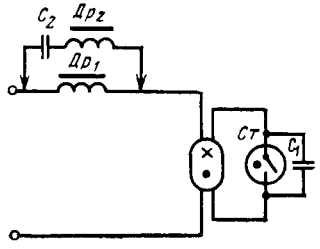


Рис. 6.20. Схема включения люминесцентной лампы со стартером тлеющего разряда.

Типы и параметры стартерных ПРА для ЛЛ различной мощности, указанные в табл. 6.3, относятся к выпускаемым отечественной промышленностью аппаратам с особо низким и пониженным уровнем шума. Эти аппараты предназначены для размещения внутри электроустановок с учетом схем соединений, показанных на рис. 6.21, и конструктивных особенностей, показанных

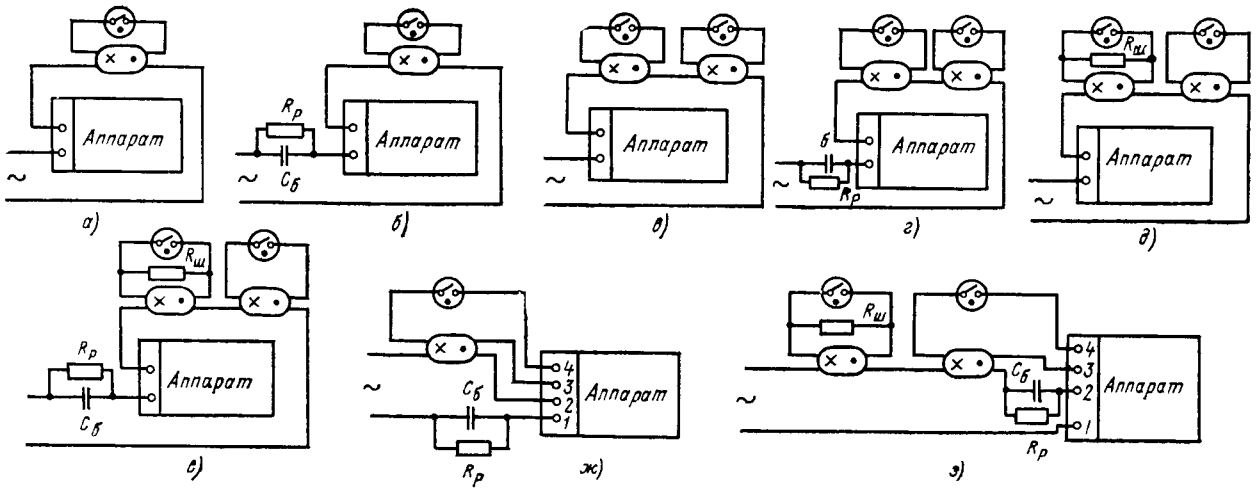


Рис. 6.21 Схемы включения стартерных ПРА для ЛЛ. $R_ш$ = 47÷51 кОм±20 % — шунтирующий резистор, рассеиваемая мощность 1 Вт; $R_р$ — разрядный резистор, сопротивление рассчитывается по ГОСТ 16809-71.

Таблица 6.4. **Конструктивные параметры стартерных пускорегулирующих аппаратов для люминесцентных ламп**

Серия	Мощность ламп, Вт	Чертеж общего вида на рис. 6.22	Размеры (рис. 6. 22), мм				Масса, кг	Магнитопровод Б—броневой; В—витой броневой; Ф—F-образный; С—стержневой; Р—разомкнутый; СС—сборно-стержневой	Обмотка; Б—бескаркасная; М—из медного провода; А—из алюминиевого	Корпус: Ц—цельнотянутый; М—из магнитопровода, стянутого осиванием; Г—гнутый	Колодка: В—винтовая; БВ—безвинтовая; Ш—штырьковая; К—выводные концы	Категория размещения по ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543-70	Изготовители*
			L	*B*	*H*	*A*							
800, 802 810, 812	15; 20; 22; 30; 32; 40	*а*	150	39,5	36,5	135	0,8	Б	М	М	В; Ш	ХЛЧ; ТЧ	РСЗ; КЭЗ
900, 902 910 912	8 13; 15; 20 2×20; 30; 40 65; 80	*б*	135 150 230			115 135 220	0,45 0,6 0,76 1,35— 1,7	Б	Б; М	М	В; Ш	ХЛЧ; Т4	ЛЗЭ: АПО
100, 101 110, 111	20 2×20; 30; 40 65	*в*	120 145 190	42	42	110 135 180	0,7 0,85 1,3	В	М	Г	Ш; БВ	ХЛЧ; Т4	ПОВ
050	4; 6; 8; 13	*г*	120	42	42	106	0,65	Ф	Б; М	Ц	В	ХЛ4; Т4	ПОВ
070	20; 40	*д*	145	46	43	135	0,95	Б	М	М	Ш; БВ	У4	ВОС; БОС
051	15; 20 30; 40	*е*	136	41	39	125	0,75 1,1	Р	Б; М	Г	Ш; В	ХЛ4; Т4	АОС; БПО
580, 581 590, 591	40 80		170 210	42 54	43 52	155 190	0,9 1,85		Б; А				УТОС; МОС
003	4; 6; 8; 15 15; 20	*ж*	100	32 40	29 35	90	0,35 0,53	Р	Б; М	Г	К	У4; Т4	ПОВ
200, 201 210, 211	80	*з*	200	65	50	190	2,2	СС	А	Ц	Ш; В	ХЛ4; Т4	ГСЗ
700, 701 710, 711	80	*и*	180 150	66	52	168 135	1,7 1,65	Б	Б; М Б; А	М	Ш; В	ХЛ4	ПОВ
090, 091	15(20) 30; 40	*к*	120 180	50 45	40 45	105 165	0,70 1,0	С Р	А	Ц	Ш; В	ХЛ4; Т4	ВОС
093, 094	80		205	60	50	190	1,8	Р					

* РСЗ — Рижский светотехнический завод; КЭЗ — Кадошкинский электротехнический завод; ЛЗЭ — Лидский завод электроизделий; АПО — Армянское производственное объединение «Армэлектросвет»; ПОВ — производственное объединение «Ватра»; ГСЗ — Гусевский завод светотехнической арматуры; ВОС — Всесоюзное общество слепых; АОС — Армянское общество слепых; УТОС — Украинское товарищество слепых; МОС — Молдавское общество слепых; БОС — Белорусское общество слепых; БПО — Бакинское производственное объединение «Азерэлектросвет».

в табл. 6.4 и на рис. 6.22. Напряжение питающей сети указано цифрой после дробн в обозначении типа в табл. 6.3, частота 50 Гц. Аппараты серий 800—812 и 090—094 (кроме 15-ваттных), 100, 110 и 200—211 пригодны также для работы от сети частотой 60 Гц. Параметры конденсаторов для комплектации стартерных ПРА (рис. 6.23) подбираются в соответствии с табл. 6.5.

Схема с полупроводниковым стартером содержит индуктивный накопитель энергии и полупроводниковый ключ (полупроводниковый стартер). На рис. 6.24 приведена схема, в которой диинистор (*Дн*) имеет напряжение включения, меньшее 1,25 *U*, но большее амплитудного значения рабочего напряжения на лампе. Диод *Д* защищает диинистор по обратному напряжению. Как видно из рис. 6.24, электроды ЛЛ подогреваются в один полупериод переменного напряжения, а в другой на лампу подается импульс напряжения до тех пор, пока она не зажжется. Существует много разновидностей подобных, но более сложных схем. Однако все они имитируют принцип действия схем со стартерами тлеющего разряда или термостартерами и поэтому сохраняют принципиальный недостаток указанных схем — ограниченную возможность регулирования зажигания ламп. Более перспективны в этом смысле групповые полупроводниковые стартеры ждущего зажигания.

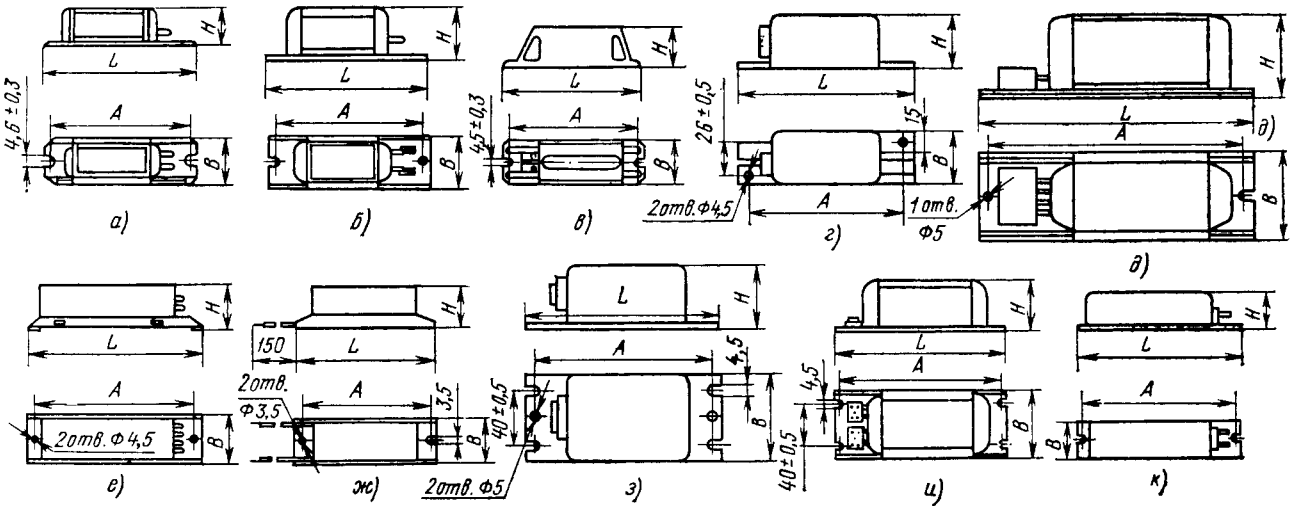


Рис. 6.22. Габаритные и установочные размеры стартерных ПРА для ЛЛ.

Таблица 6.5. **Основные параметры конденсаторов для стартерных ПРА с ЛЛ**

Тип конденсатора	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Габаритные размеры по рис. 6.23, мм				Масса, кг, не более
			A	*B*	*H*	H_1	
ЛСЕ1-100-3У1.1	400	3,0	42	42	61	69	0,19
ЛСЕ1-400-5,9У1.1		5,9			106	114	0,37
ЛСЕ1-400-7,2У1.1		7,2	43	48			0,40
ЛСЕ1-400-3,75У1.1		3,75	44	28			0,26
ЛСМ-250-6У1.1	250	6,0		29	61	69	0,33
ЛСМ-400-1У1.1	400	1,0		17			0,10
ЛСМ-400-3У1.1		3,0	48	44			0,25
ЛСМ-400-3,8У1.1		3,8	44	29	106	114	0,29
ЛСМ-400-7,8У1.1		7,8	51	44			0,52

Схемы с емкостным накопителем энергии могут представлять собой импульсное устройство последовательного поджига с электронным коммутатором, в качестве которого используется воздушный разрядник (пример — схема включения лампы ДКсТ10000 на рис. 6.25). При замыкании контакта *К* (на время поджига, примерно 20 с) подается напряжение сети на первичную обмотку зарядного трансформатора *ЗТ* и конденсатор C_1 заряжается напряжением до 3,0 кВ. Как только напряжение на C_1 достигнет напряжения пробоя *Р*, последний пробивается и конденсатор C_1 разряжается на первичную обмотку импульсного автотрансформатора (ИАТ).

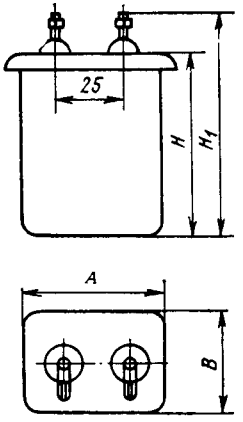


Рис. 6.23. Габаритные размеры конденсаторов для комплектации стартерных ПРА к ЛЛ.

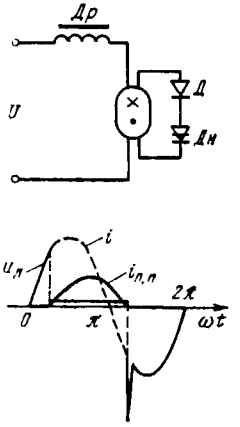


Рис. 6.24. Простейшая схема включения ЛЛ с полупроводниковым стартером и осциллограммы пускового режима.

Таблица 6.6. **Основные параметры устройств импульсных зажигающих унифицированных УИЗУ (масса устройства не более 500 г)**

Тип устройства	Напряжение сети, В	Амплитуда импульса, В			Напряжение отключения, В, при t=25°С
		положение переключателя	не менее	не более	
УИЗУ-220-02ХЛ1	220±22	1	1900	2300	180±10
		2	2300	3400	
		3	3400	5200	
УИЗУ-380-02ХЛ	380±38	1	2300	3500	265±10
		2	4400	6000	

Таблица 6.7. Основные параметры пускорегулирующих аппаратов для ламп типов ДРИ* и ДНаТ

Тип аппарата	Климатическое исполнение и категория размещения	Габаритные и установочные размеры, мм						Ток в рабочем режиме, А	Коэффициент мощности, не менее	Потери мощности, Вт, не более	Масса**, кг, не более
		Рис. 6.8	Габаритные			Установочные					
			L	B	H	A	A_1				
1ДБИ-400ДНаТ/220-В-009	У2, Т2	в	152	130	124	136	38	4,6	0,45	35	5,4
1ДБИ-400ДНаТ/220-Н-009	У3, Т3	д	186	120	212	85	—	4,6	0,45	35	8,2
1ДБИ-700ДРИ/220-Н-012	У3, Т3	д	185	120	234	85	—	6,0	0,53	38	9,9
1ДБИ-2000ДРИ/380-В-031	У2, Т2	в	230	175	150	200	100	9,0	0,53	90	17
1ДБИ-2000ДРИ/380-Н-032	У1	ж	255	162	327	225	154	9,0	0,53	90	23
1ДБИ-3500ДРИ/380-В-030	У3	в	274	210	164	202	100	18,0	0,50	140	30
1ДБИ-3500ДРИ/380-Н-023	У3	ж	255	209	290	225	154			140	36

* Для ламп типа ДРИ мощностью 400 Вт используются соответствующие ПРА ламп типа ДРЛ и УИЗУ-220-02ХЛ1.
** Масса аппаратов приведена без учета массы УИЗУ.
Примечание. Изготовитель: Кадошкинский электротехнический завод.

Во вторичной обмотке *ИАТ* возникают высоковольтные (амплитуды до 25 кВ) высокочастотные (1000 Гц) импульсы, зажигающие лампу. Конденсаторы C_2 препятствуют попаданию импульсов в сеть. Лампа работает практически без балласта, так как реактивное сопротивление автотрансформатора составляет примерно 0,15 Ом. Компенсация реактивной мощности в схеме не требуется, так как $k_{сх}=k_л=0{,}95$.

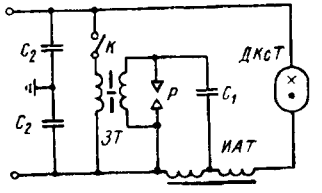


Рис. 6.25. Схема включения лампы типа ДКсТ.

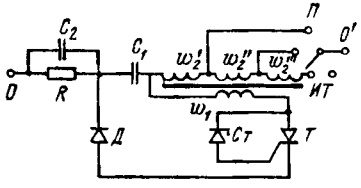


Рис. 6.26. Принципиальная электрическая схема импульсного зажигающего устройства типа УИЗУ.

Устройство импульсное зажигающее универсальное (УИЗУ), являющееся генератором параллельного поджига с емкостным накопителем энергии и полупроводниковым ключом, широко применяется для зажигания ГЛВД (в основном НЛВД). В схеме рис. 6.26 при включении питания заряжается конденсатор C_1 через цепочку R, C_2 и вторичную обмотку импульсного трансформатора *ИТ*. Когда напряжение на C_1 достигнет уровня стабилизации стабилитрона *Ст*, в цепи управляющего электрода тиристора *Т* появляется ток. Конденсатор C_1 разряжается на первичную обмотку w_1 через тиристор и диод *Д* (защищает по обратному напряжению *Т*). Во вторичной обмотке появляются импульсы напряжения (их амплитуда, длительность, число в пакете зависят от R, C_2 и положения переключателя *П*),

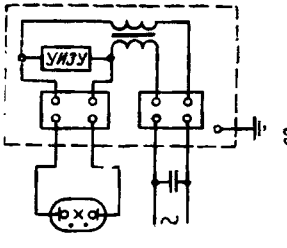


Рис. 6.27. Принципиальная электрическая схема включения ламп типов ДРИ и ДНаТ с зажигающим устройством типа УИЗУ.

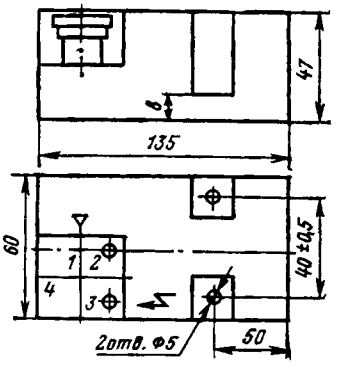


Рис. 6.28. Габаритные, установочные размеры импульсного зажигающего устройства типа УИЗУ.

обеспечивающие зажигание лампы. Подключение УИЗУ к схеме показано на рис. 6.27. Основные параметры УИЗУ-220 и УИЗУ-380 приведены в табл. 6.6 и на рис. 6.28, а характеристики ПРА для газоразрядных ламп типа ДРИ и ДНаТ — в табл. 6.7 и на рис 6.8. Основным недостатком схем параллельного поджига является шунтирующее воздействие цепи дроссель — сеть, что уменьшает амплитуду импульса, в особенности для ламп большой мощности (уменьшается индуктивность дросселя).

Импульсное зажигающее устройство (ИЗУ) является генератором последовательного поджига с емкостным накопителем и полупроводниковым ключом. Схема последовательного поджига (рис. 6.29) тоже не

Таблица 6.8. Основные параметры импульсных зажигающих устройств (ИЗУ)

Тип устройства	Напряжение отключения, В	Габаритные и установочные размеры: Рис. 6.31	Габаритные и установочные размеры: L, мм, не более	Масса, кг, не более
ИЗУ-250, 400ДРИ, ДНаТ/220-В-03	180±10	*а*	120	0,65
ИЗУ-250, 400ДРИ, ДНаТ/220-Н-03	180±10	*б*	130	0,95
ИЗУ-700, 1000ДРИ, ДНаТ/220-В-05	180±10	*а*	160	0,95
ИЗУ-700, 1000ДРИ, ДНаТ/220-Н-05	180±10	*б*	170	1,25
ИЗУ-2000ДРИ/380-В-06	305±15	*а*	140	0,85
ИЗУ-2000ДРИ/380-Н-06	305±15	*б*	150	1,15

Примечания: 1. Амплитуда импульса 4500 В. Климатические исполнения и категории размещения ХЛ1, Т1.
2. Для устройств независимого исполнения длина соединительных проводов с ПРА и лампой не должна превышать 2 м при их емкости относительно земли не более 2000 пФ.

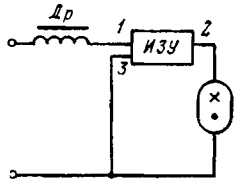


Рис. 6.29. Схема включения импульсного зажигающего устройства ИЗУ с ПРА для ламп типов ДРИ и ДНаТ.

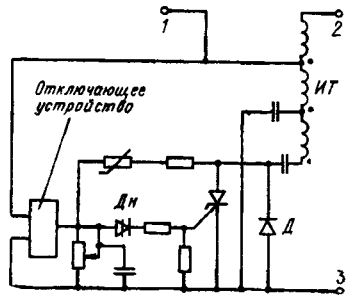


Рис. 6.30. Принципиальная схема импульсного зажигающего устройства типа ИЗУ (для ламп высокого давления мощностью 250, 400 и 2000 Вт). Нумерацию выводов в соответствии со способом подключения см. на рис. 6.29.

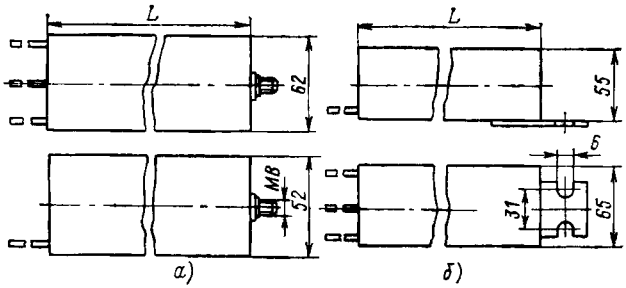


Рис. 6.31. Габаритные и установочные размеры импульсных зажигающих устройств типа ИЗУ.
а — тип В; *б* — тип Н.

лишена недостатков, так как обмотки *ИТ* должны рассчитываться на рабочий ток лампы. Последнее увеличивает расходы материалов на изготовление ИЗУ, а также создает определенные трудности при их унификации. Основные параметры ИЗУ последовательного поджига для ламп типа ДРИ и ДНаТ приведены в табл. 6.8. На рис. 6.30 и 6.31 даны соответственно принципиальная схема и габаритные, установочные размеры этих устройств.

6.2.4. ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СХЕМ И КОНСТРУКЦИЙ ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ

Новые схемные решения ПРА и усовершенствование их конструкций и технологии производства связаны с созданием полупроводниковых балластов непрерывного (рис. 6.32) и импульсного действия. В схеме рис. 6.32, *а* транзистор работает в активной области и ограничивает ток лампы на заданном уровне (см. осциллограммы рис. 6.32, *б*, т. е. в схеме имитируется принцип работы ГЛ с активным балластом. В связи с этим даи-

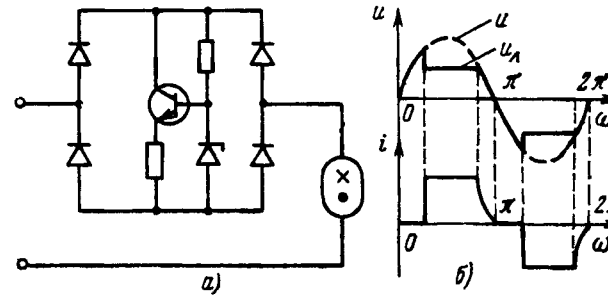


Рис. 6.32. Схема включения ГЛ с полупроводниковым балластом непрерывного действия.

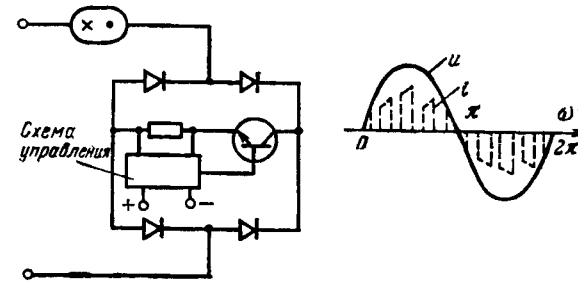


Рис. 6.33. Схема включения ГЛ с полупроводниковым балластом с широтно-импульсной модуляцией.

ному типу полупроводникового аппарата присущи те же недостатки: наличие пауз в токе лампы, низкий КПД (60—70 %), снижение световой отдачи и срока службы ламп и т. д. В аппаратах импульсного действия реализуется ключевой режим работы транзистора и ток лампы стабилизируется посредством широтно-импульсной (схема рис. 6.33) или частотно-импульсной модуляции. В течение каждого полупериода переменного напряжения (см. осциллограммы рис. 6.33) лампа несколько раз подключается (при внутреннем сопротивлении балласта, практически равном нулю) и отключается от источника питания. КПД аппарата может достигать 90 % и более. Специфическая форма тока лампы в схеме требует детального изучения световых и эксплуатационных характеристик существующих ГЛ в таких режимах и, возможно, разработки новых ламп для работы с подобными аппаратами. Поэтому достаточно интенсивно развивается направление, связанное с созданием комбинированных схем, которые наряду с полупроводниковыми содержат элементы традиционных ПРА.

В области электромагнитных ПРА ведутся работы по созданию трехфазных схем (типа звезда без нейтрального провода) с индивидуальными и групповыми балластами, по разработке надежных схем зажигания и мгновенного повторного зажигания (с использованием полупроводниковых приборов) ГЛ в ОУ, питаемых токами промышленной и повышенной частоты. Весьма

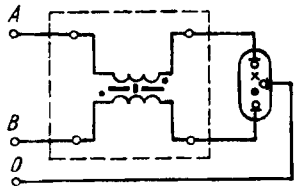


Рис 6.34. Схема включения трехэлектродной лампы типа МГЛ.

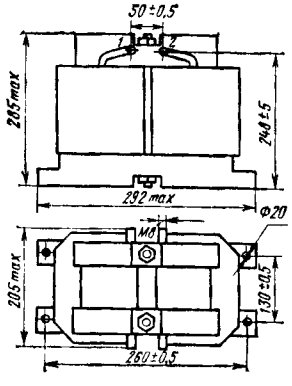


Рис. 6.35. Габаритные и установочные размеры аппарата 1ДБИ-ДМЗ-3000/2×380/220-В-032.У2.

перспективным является направление по созданию трехфазных схем включения металлогалогенных многоэлектродных ГЛ.

На рис. 6.34 приведена схема включения трехэлектродной лампы типа МГЛ мощностью 3000 Вт, разработанной и выпускаемой объединением «МЭЛЗ». Габаритный чертеж аппарата типа 1ДБИ-ДМЗ-3000/2×380/220-В-032.У2 (Кадошкинский электротехнический завод) дан на рис. 6.35. Масса ПРА не более 45 кг, потери мощности не более 300 Вт. Зажигание лампы осуществляется трехфазным зажигающим устройством типа ИЗУ-3000ДМЗ-220/380-В-10-ХЛ1 либо двумя УИЗУ-220-02ХЛ1. Схема обеспечивает сдвиг фаз между токами разрядных промежутков лампы на угол 90°, в связи с чем пульсации светового потока лампы не превышают 10 %. Более совершенным следует считать разрабатываемый в настоящее время комплект четырехэлектродная лампа типа МГЛ — трехфазный ПРА, обеспечивающий симметричную загрузку трехфазной сети, высокую стабильность работы лампы при колебаниях напряжения питания и пульсации светового потока, не превосходящие 5 %.

В совершенствовании конструкции и технологии производства электромагнитных элементов ПРА для ЛЛ и высокоинтенсивных ГЛ следует считать перспективным принцип конструирования дросселей с увеличенным отношением длины витка обмотки к длине магнитной линии. Использование этого принципа в броневых штампованных конструкциях магнитопроводов (состоят из П- и Т-образных либо Е- и Т-образных элементов) позволяет: уменьшить расход обмоточного материала, применять более дешевые сорта стали, сократить трудоемкость изготовления, понизить уровень шумов и разброс параметров дросселей. Кроме того, становится возможной широкая унификация аппаратов, т. е. создание параметрических рядов дросселей с одинаковым поперечным сечением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

6.1. **ГОСТ 16809-78.** Аппараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп. Общие технические условия.

6.2. **ГОСТ 19680-74.** Аппараты пускорегулирующие стартерные для люминесцентных ламп.

6.3. **ОСТ 16.0.535.041-78.** Аппараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп. Системы условных обозначений.

6.4. **ОСТ 16.0.535.042-79.** Аппараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп высокого давления. Общие технические условия.

6.5. **СТ СЭВ 1654-79.** Аппараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп.

6.6. **Стандарт МЭК 82. ПРА для трубчатых люминесцентных ламп. 4-е изд.. 1980.**

6.7. **Булатов О. Г., Иванов В. С., Панфилов Д. И.** Тиристорные схемы включения высокоинтенсивных газоразрядных источников света. — М.: Энергия, 1975. — 176 с.

6.8. Аппараты пускорегулирующие для газоразрядных ламп. Каталог — Москва. Информэлектро. 1980.

Раздел седьмой

ЭЛЕКТРОУСТАНОВОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Электроустановочные светотехнические устройства (ЭУ) (ранее применялся термин «электроустановочные изделия») [43, 71, 7.2] — группа электрических аппаратов, предназначенная для работы при переменных напряжениях до 380 В частоты 50 Гц и токах до 25 А. К ЭУ относятся выключатели и переключатели (кроме пакетных), электрические соединители (ранее применялся термин «штепсельные соединения»), патроны для ЛН, ГЛ и стартеры, контактные зажимы для СП и ПРА, предохранители плавкие и автоматические резьбовые Е27, светорегуляторы. Электроустановочные светотехнические устройства предназначены для установки непосредственно на строительных конструкциях (перегородках, панелях, перекрытиях и т. п), для встраивания в СП, а также используются в качестве переносных устройств [7.3]. Классификация ЭУ дана в табл. 7.1.

Одной из важнейших эксплуатационных характеристик ЭУ является их работоспособность. Отечественными стандартами установлено минимальное число срабатываний или количество ввертываний и вывертываний (либо вставлений и извлечений) ламп из патронов, которые должны выдерживать ЭУ различных видов при эксплуатации в условиях, для которых они предназначены: электрические параметры (ток, напряжение, частота и др.) не должны превышать допустимых значений. При этом влажность, температура внешней среды, условия тряски, вибрации и т. д. должны быть в пределах нормируемых.

Значения рабочих ресурсов ЭУ приведены в табл. 7.2.

Опыт эксплуатации СП показал, что их качество и эффективное использование в осветительных установках (ОУ) в значительной степени зависят от технического уровня применяемых в них ЭУ.

С учетом тепловых нагрузок выбираются патроны с пластмассовыми (рис. 7.1—7.3) или керамическими (рис. 7.4) изолирующими деталями. Однако, применяя керамические патроны, нельзя подвергать их чрезмерному нагреву в процессе эксплуатации, так как остаточная деформация пружинящих контактов патрона снижает надежность контактирования. ГОСТ 2746.0-77 ограничивает допустимое превышение температуры цоколей ламп в процессе эксплуатации: для Е14 — до 110 °С, для Е27 — до 140 °С, для Е40 — до 200 °С.

Превышение температуры патронов при работе с ЛЛ мощностью до 80 Вт в открытых СП составляет, как правило, не более 60 °С, что вполне допустимо для изолирующих и контактных деталей патронов. Для та-

Таблица 7.1. Классификация электроустановочных устройств

Класс	Наименование	Нормативно-техническая документация	Назначение	Максимальные параметры: Напряжение, В	Ток, А	Мощность, потребляемая нагрузкой, Вт	Обозначение по ГОСТ
	Патроны:						
I	байонетные	ГОСТ 361-78	Включение ЛН и других электроприемников со штифтовыми цоколями по ГОСТ 17100-79	250	4	100	B15s-42МК; B15d-42МН; B15d-42МК; B15d-220ПН; B22d-220МН; B22d-220МФ
	резьбовые	ГОСТ 2746.0-77	Включение ЛН и ГЛВД с цоколями Е14, Е27, Е40 по ГОСТ 17100-79	250	16	2000	E14H10П; E14H10К; E27H10П; E27H10К; E27H12П; E27H12К; E40H16К
	для ЛЛ	ГОСТ 9806-77; ГОСТ 18396-73	Включение ЛЛ по ГОСТ 6825-74	380	2,5	80	С5Л; С13Л; Т5Л; Т13Л; Т13ЛК; Н13Л
	для стартеров	ГОСТ 9806-77; ГОСТ 18396-73	Включение стартеров по ГОСТ 8799-75	380	2,5	—	Л
II	Выключатели и переключатели	ГОСТ 7397-76	Коммутация осветительных сетей и электрических приборов	250	16	—	О-2-6/220; С-3-6/220; пр-1-1/220; в-1-1/220
III	Электрические соединители с цилиндрическими и плоскими контактами	ГОСТ 7396-76	Присоединение к сети переносных электрических приемников или СП	250	10	—	ВШ-ц-2-6/220; ВШ-ц-20-10/220; РШ-ц-2-6/220; РШ-ц-20-10/220 ВШ-п-2-10/42; РШ-п-2-10/42; ВШ-п-2-10/220 РШ-п-2-10/220; ВШ-п-20-10/220;
IV	Предохранители однополюсные резьбовые (плавкие)	ГОСТ 1138-73	Защита сетей от перегрузок и токов короткого замыкания	380	25	—	РШ-п-20-10/220
V	Автоматические выключатели, выключатели-предохранители и др.	ТУ 16.526.341-74; ТУ 16.522.049-76	Для управления освещением лестничных клеток, а также для автоматического отключения электрических сетей через заданное время (до 3 мин)	380	25	—	АВ-2А; ПАР-6,3; ПАР-10
VI	Комбинированные и групповые устройства[1]	ТУ 16.536.162-75	Установка в стеновых перегородках при индустриальных методах строительства и монтажа	250	10	—	—
VII	Светорегуляторы бесконтактные[2]	ТУ 16.535.839-79	Регулирование яркости и коммутация ламп накаливания	250	—	30 000	СР-03; СР-30
VIII	Контактные зажимы[3]:						
	светильников	ГОСТ 17557-72	Соединение проводов и сборка электрических схем внутри СП и присоединение ПРА	380	—	—	С-2-2,5(4,0) С-3-2,5(4,0) СО-2-2,5(4,0) СО-3-2,5(4,0) П-(2 . . . 4)-1,0 ПУ-(2 . . . 4)-1,0 ПР-(2 . . . 4)-1,0 ПК-(2 . . . 4)-1,0 ПКУ-(2 . . . 4)-1,0 ПКР-(2 . . . 4)-1,0 ПКШ-(2 . . . 4)-1,0
	ПРА						

[1] Комбинированные устройства ЭУ различных видов, собранные на общем основании, в общем корпусе, например патрон с выключателем, розетка с выключателем и др. В групповых устройствах монтируются однотипные ЭУ, разветвители на 2, 3 или 4 розетки, сдвоенные или строенные розетки и выключатели и т. д.

[2] С применением тиристоров или симисторов.

[3] Максимальные сечения присоединяемых проводов к контактным зажимам: СП — 4 мм² (медные или алюминиевые жилы), ПРА для ЛЛ — 1,5 мм² (медные жилы), ПРА для ГЛВД — 4 мм² (медные жилы)

Примечание. К обозначениям конкретных устройств добавляются: номер модификации; климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69; номер ГОСТ.

кого температурного режима работы патронов возможно изготовление изолирующих деталей для них из термопластичных материалов (поликарбонат, полиамидные смолы и др.). В случае использования ЛЛ в закрытых СП или в открытых СП с патронами в брызгозащищенном исполнении, а также при работе патронов с ЛЛ повышенной интенсивности (от 125 до 200 Вт) превышение температуры патронов лежит в пределах 80—150 °С, поэтому изолирующие детали таких патронов должны изготовляться из пресс-порошков группы Ж [7.3].

Взаимозаменяемость трубчатых ЛЛ при установке их в патроны обеспечивается наличием в патронах осевой компенсации не менее 4 мм, которая позволяет на-

Таблица 7.2. **Рабочие ресурсы электроустановочных устройств**

Изделие	Испытательное напряжение при 50Гц, В	Ток при испытании	cos φ не более	Рабочий ресурс (число циклов ВО)
Выключатели и переключатели:				
на номинальный ток 1 А, с коммутирующими контактами бронза — медь или из медных сплавов	220	$I_{ном}$	~1	10 000
на номинальные токи 1 и 2,5 А, с коммутирующими контактами бронза — бронза	220	$I_{ном}$	~1	10 000
то же, но с коммутирующими контактами СН40° — медь	220	$I_{ном}$	~1	25 000
на номинальные токи 4; 6,3 и 10 А с коммутирующими контактами медь — медные сплавы	220	$I_{ном}$	~1	25 000
на номинальные токи 4 и 6,3 А с коммутирующими контактами СН40* — медь или из медных сплавов	220	$I_{ном}$	~1 Менее 0,6	100 000 50 000
то же, но с коммутирующими контактами бронза — медь или из медных сплавов	220	$I_{ном}$	~1	25 000
на номинальные токи 6,3; 10 и 16 А, с коммутирующими контактами СН40° — медь или из медных сплавов	220	$I_{ном}$	~1 Менее 0,6	63 000 40 000
	250	$1,25\ I_{ном}$	0,6	100
Электрические соединители:				
с цилиндрическими контактами	42, 220	$I_{ном}$	~1	16 000
	42, 250	$1,8\ I_{ном}$	0,6	100
с плоскими контактами	42, 220	$I_{ном}$	0,6	16 000
	42, 220	$1,8\ I_{ном}$	0,6	100
Патроны:				
резьбовые	220	1 А (Е14) 2 А (Е27)	~1	100
байонетные	42, 220	1 А (В15) 2 А (В22)	~1	100
для ЛЛ и стартеров	220		~1	100

* СН40 — металлокерамический контакт, содержащий серебро (60 %) и никель (40 %).

дежно закрепить лампу в патроне в пределах допусков на длину лампы и точность изготовления СП.

К специфическим требованиям, связанным с условиями эксплуатации светильников, относятся обеспечение точности установки лампы в патроне и положение нити накала лампы относительно светового центра оптической системы СП, прочность закрепления патрона в светильнике, простота сборки патронов в светильнике, удобство и безопасность обслуживания при эксплуатации, надежность контактирования с цоколями ламп в условиях промышленной вибрации и тряски.

Байонетные патроны для электрических ЛН [7.7] с одно- и двухштифтовыми цоколями предназначены для работы в условиях повышенной тряски и вибрации по группе М25 ГОСТ 17516-72.

Особое внимание уделяется вопросам электробезопасности ЭУ при эксплуатации. Части резьбовых патронов и цоколи ламп, находящиеся под напряжением, при ввернутых лампах, а также в процессе их вывертывания должны быть недоступны для случайного прикосновения [7.4]. Однако такое требование не распространяется на резьбовые патроны, встраиваемые в светильники, в которых доступ к этим патронам возможен только с использованием специального инструмента. Если же в резьбовых патронах Е27 и Е40 применяются лампы с цоколями Е27/32×30 и Е40/45, то допускается, чтобы защита от прикосновения была обеспечена только при полностью ввернутой в патрон лампе, т. е. электробезопасность проверяется после установки лампы (или калибра) в рабочее положение.

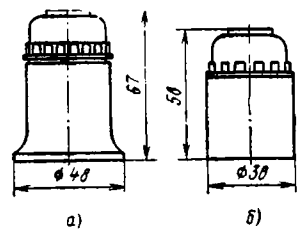


Рис. 7.1. Патроны Е27 резьбовые подвесные с резьбовым ниппелем типов Е27Н10П и Е27Н12П

а — старый; *б* — новый.

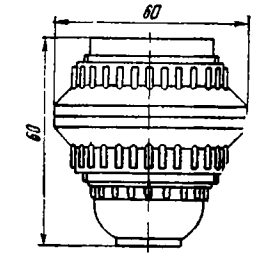


Рис. 7.2. Патрон Е27 резьбовой пластмассовый подвесной с резьбовым ниппелем и двумя кольцами для крепления рассеивателя (типа Е27Н12ПР).

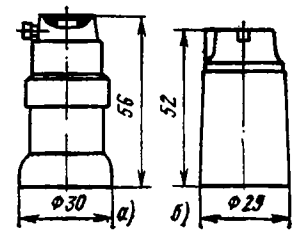


Рис. 7.3. Патроны Е14 резьбовые пластмассовые с резьбовым ниппелем типа Е14Н10П.

а — существующий; *б* — новый.

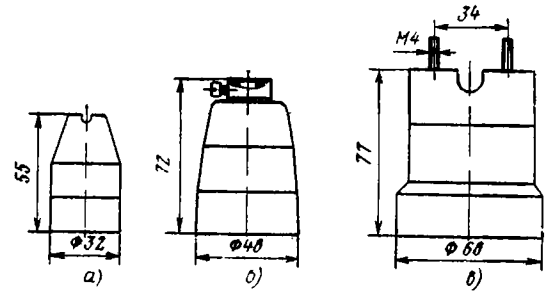


Рис. 7.4. Керамические патроны для ЛН и ГЛВД.

а — Е14; *б* — Е27; *в* — Е40.

В ниппелях резьбовых патронов применяются следующие резьбы для ввертывания труб: патроны Е14—М10×1, Е27—М10×1 или М12×1, Е40—М16×1.

Во всех этих патронах предусматриваются ограничители при ввертывании трубки в ниппель и устройства от проворачивания патронов в виде стопорных винтов или пазов в донышке.

Установка патронов для ЛЛ в СП возможна винтовым или безвинтовым способом. В ряде типов СП

предусмотрено крепление каждого из патронов для ЛЛ (рис. 7.5) и стартеров с помощью двух винтов, благодаря чему обеспечиваются надежные их закрепление и фиксация. Однако этот способ крепления при массовом производстве и в процессе эксплуатации отличается повышенной трудоемкостью. В других типах светильников патроны крепятся с помощью одного винта различных фиксирующих элементов. Этот способ крепления патронов менее трудоемок, но также связан с необходимостью применения винтового соединения.

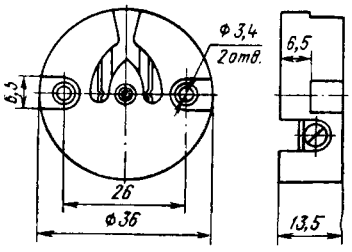


Рис. 7.5. Торцевой патрон типа Т13Л для ЛЛ (без компенсации) с креплением к светильнику с помощью двух винтов.

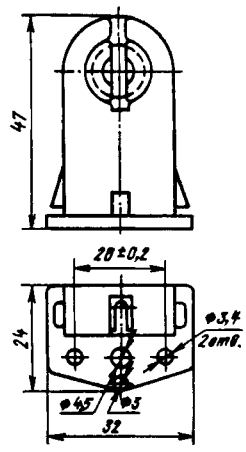


Рис. 7.6. Стоечный патрон типа С13Л для ЛЛ с универсальным креплением к светильнику двумя винтами, одним винтом или безвинтовым способом.

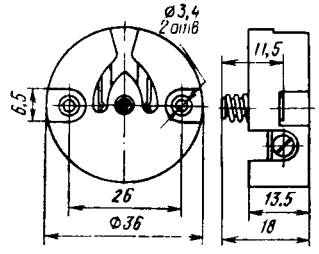


Рис. 7.7. Торцевой патрон типа Т13ЛК для ЛЛ с компенсацией.

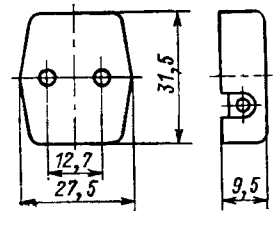


Рис. 7.8. Навесной патрон типа Н13Л для ЛЛ.

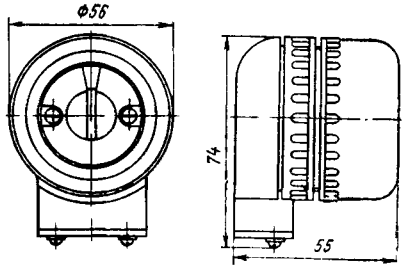


Рис. 7.9. Стоечный патрон типа СР-13ЛКБ для ЛЛ в исполнении IP44 с креплением двумя винтами.

В отечественной и зарубежной практике широкое распространение получил *безвинтовой* способ крепления патронов для ЛЛ (рис. 7.6) и стартеров в светильниках, обеспечивающий снижение трудоемкости сборки СП, при этом в качестве пружинящих элементов для закрепления и фиксирования патронов в светильнике применяются дополнительные плоские или винтовые металлические пружины либо используются эластичные свойства самих термопластичных материалов, из которых изготавливаются корпуса патронов.

При безвинтовом креплении стоечных патронов в светильниках одновременно наиболее удачно решаются вопросы компенсации допусков на длину ЛЛ и точности изготовления светильника за счет установки патрона с некоторым наклоном (до 15°) внутрь светильника. При этом обеспечивается возможность отклонения патрона в сторону от лампы в пределах указанного угла, чем осуществляется автоматическая компенсация. В торцевом патроне компенсация обеспечивается двумя металлическими втулками, через которые патрон крепится к светильнику (винтами или скобами), и винтовыми пружинами, надетыми на эти втулки (рис. 7.7).

В СП нашли применение и навесные патроны (рис. 7.8) для ЛЛ, при которых не требуется компенсировать допуски на длину ламп и точность изготовления СП, а также отпадает необходимость крепления таких патронов. Однако использование навесных патронов требует дополнительных элементов для крепления ламп в светильнике (например, в виде пружинных держателей, скоб и др.).

В брызгозащищенных светильниках применяются стоечные патроны со степенью защиты IP44 (рис. 7.9).

Провода крепят к ЭУ с помощью винтовых или безвинтовых контактных зажимов. Наиболее трудоемким является винтовой способ крепления проводника, конец жилы которого свернут в кольцо. От этого способа постепенно отказываются, так как он не только обладает повышенной трудоемкостью, но и весьма неудобен в эксплуатации. Широкое применение нашли винтовые втычные и безвинтовые пружинные контактные зажимы. Преимущество винтовых втычных контактных зажимов заключается в том, что при них не требуется выполнение кольца на конце жилы проводника, а винт контактного зажима не полностью отвинчивается, а только ослабляется. Наименьшую трудоемкость при монтаже обеспечивает безвинтовой пружинный контактный зажим, в который конец жилы проводника вставляется без предварительной подготовки.

В соответствии с действующими ГОСТ к ЭУ присоединяются проводники, материал и сечения которых указаны в табл. 7.3.

Особенности конструкций контактных зажимов для присоединения алюмомедных или алюминиевых жил проводов заключаются в наличии пружинящих устройств (чаще всего — пружинных шайб по ГОСТ 6402-70), обеспечивающих постоянство давления на присоединенные жилы проводников при появлении текучести алюминия под статической нагрузкой в течение длительного времени; устройств, предохраняющих жилы проводников от растекания из-под контактного зажима (ограничивающие выступы, отгибки и пр.) и гальванических покрытий, исключающих образование с алюминием электрохимической пары (например, никелирование). Желательно, чтобы поверхности, контактирующие с алюминиевой жилой проводника, были рифлеными, так как это повышает качество контактирования и снижает переходное сопротивление на 30—50 % при одном и том же контактном усилии по сравнению со случаями, когда контакт осуществляется с помощью гладких поверхностей.

Конструкции выключателей, переключателей и розеток электрических соединителей для стационарной установки подразделяются по способу монтажа на открытые или утапливаемые.

Существует 10—12 серий установочных выключателей и переключателей, 6—7 серий розеток электрических соединителей и т. д. Эти изделия различаются формой и размерами крышек, клавишей и оснований, установочными размерами крышек, конфигурацией и

Таблица 7.3. Материалы и сечение проводников, присоединяемых к электроустановочным устройствам

Вид ЭУ	Сечения присоединяемых проводников, мм²	
	медных, алюмомедных	алюминиевых
Выключатели и переключатели для открытой и утопленной установок	0,5—2,5	0,5—2,5
Выключатели и переключатели малогабаритные проходные и встроенные	0,35—1,0	—
Розетки электрических соединителей:		
на $I_{ном}$ до 10 А включительно	0,5—2,5	0,5—2,5
на $I_{ном}$ 10—25 А	1,5—6,0	1,5—6,0
Вилки электрических соединителей	0,35—1,5	—
Байонетные патроны:		
фланцевые и подвесные	0,5—2,5	—
остальные	0,5—1,5	—
Патроны для ЛЛ и стартеров	0,35—1,0	—
Контактные зажимы:		
для светильников	0,35—1,0 (внутренние провода схемы СП), 2,5—4,0 (внешние питающие провода)	2,5—4,0 (внешние питающие провода)
для ПРА	0,35—1,0	—
Электрические соединители (ШРС):		
розеточная часть	—	2,5—6,0
вилочная часть	0,35—1,5	—
Патроны резьбовые:		
Е14 и Е27 с резьбой в ниппеле М10×1	0,75—1,5	—
патроны Е27 (остальные)	0,75—2,5	0,75—2,5
патроны Е40	1,5—4,0	1,5—4,0
Предохранители резьбовые Е27:		
с винтовыми контактными зажимами	1,5—6,0	1,5—6,0
со штыревыми контактными зажимами	2,5—6,0	2,5—6,0

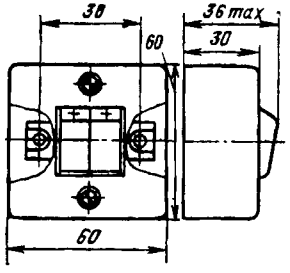


Рис. 7.10. Сдвоенный выключатель типа О-2-10/220 системы «Конструктор-1» для открытой установки.

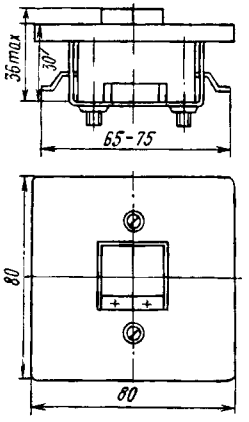


Рис. 7.11. Сдвоенный выключатель типа С-2-10/220 системы «Конструктор-1» для скрытой установки.

размерами токоведущих деталей, узлов крепления устройств для утопленной установки и т. д. В новой унифицированной системе ЭУ «Конструктор-1» на единых основаниях, крышках, клавишах, узлах крепления из одних и тех же токоведущих деталей собирается пять вариантов выключателей (рис. 7.10 и 7.11) и переключателей: однополюсный, двухполюсный, сдвоенный (переключатель), для управления из двух мест, для управления из нескольких мест, предназначенных для различных способов установки (открытая или утапливаемая) и имеющих различные степени защиты. Из единых деталей (во многом унифицированных с деталями выключателей и переключателей) собираются розетки с заземляющим контактом, без него и др. [рис. 7.12, 7.13].

Унифицированная система «Конструктор-2» охватывает патроны для ЛЛ и стартеров.

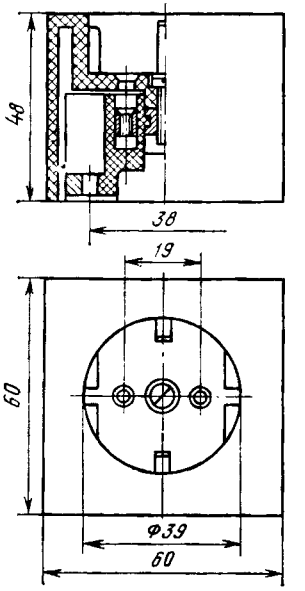


Рис. 7.12. Розетка типа РШ-ц-20-о-10/220 электрического соединителя системы «Конструктор-1» для открытой установки.

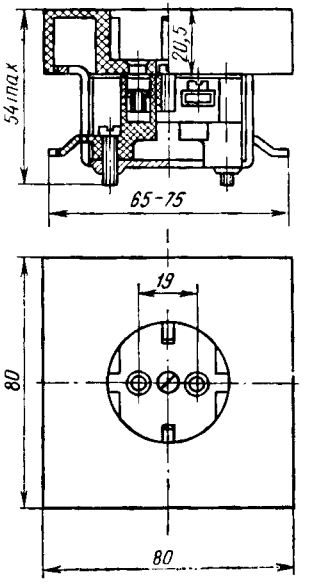


Рис. 7.13. Розетка типа РШ-ц-20-С-10/220 электрического соединителя системы «Конструктор-1» для скрытой установки.

Разработаны и находятся в стадии освоения резьбовые патроны Е14, Е27 и Е40, отвечающие требованиям ГОСТ 2746.0-77 и публикациям МЭК 238, 61-1, 61-2 и 61-3. Отличительными особенностями новых патронов Е14 и Е27 являются:

1) наличие пружинящего бокового контакта и почти непружинящего центрального контакта (в старых патронах — наоборот), что обеспечивает надежное контактирование с цоколями ламп, отвечающих международным стандартам и публикациям;

2) отсутствие расширяющегося участка на конце корпуса патронов Е27, что повышает электробезопасность и снижает высоту патрона на 7—8 мм;

3) наличие металлической резьбовой гильзы высотой 11 мм (в старом патроне высота гильзы была равна 14 мм);

4) преимущественный выпуск патронов Е27 с резьбой в ниппеле М10×1 (в старых патронах — М12×1) и др.

В патронах для ЛЛ и стартерах широко применяются термопластичные материалы: поликарбонат (дифлон), полиамидные смолы, позволяющие на 25—35 % снизить их материалоемкость по сравнению с патронами, изготовленными из термореактивных пластмасс.

Конструкции патронов для взрывобезопасных светильников предусматривают наличие искрогасящих камер, взрывозащитных зазоров, «лабиринтов» и других элементов, обеспечивающих их эксплуатацию в условиях взрывоопасных сред.

Выключатели и переключатели. Электрические схемы установочных выключателей и переключателей приведены в [7.5]. Новым направлением в разработке этих устройств является создание полупроводниковых коммутирующих аппаратов с сенсорным приводом, срабатывающим при касании пальцем металлического контакта (за счет дополнительной емкости на землю и наводок в цепи управления тиристора).

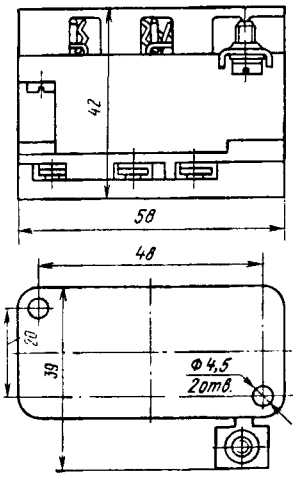


Рис. 7.14. Электрический соединитель серии ШРС.

Электрические соединители. До последнего времени в СССР находятся в эксплуатации шесть различных систем электрических соединителей бытового и общепромышленного назначения с цилиндрическими и плоскими штифтами, с заземляющим контактом и без него. Основным направлением в развитии электрических соединителей является переход к единой унифицированной системе. Параллельно осуществляется комплекс мер по повышению электробезопасности электрических соединителей в эксплуатации за счет установки автоматических блокирующих устройств, закрывающих контактные гнезда розетки от попадания на них посторонних предметов.

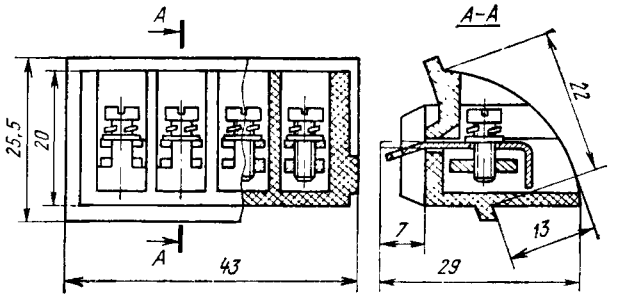


Рис. 7.15. Контактный зажим типа Пкв4-2,5/380 для ПРА.

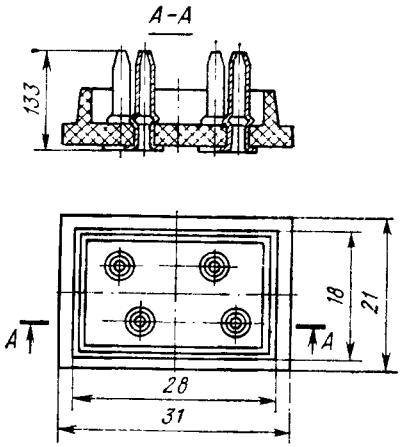


Рис. 7.16. Контактный зажим типа Пкш-4-1,0/380 для ПРА.

Электрические соединители серий ШРС (рис. 7.14), ШСС и ШСВ предназначаются для замены глухого присоединения (пайка, сварка или опрессование) промышленных светильников с ЛЛ, ЛН и ГЛВД к электрической сети на разъемное соединение, позволяющее легко и быстро присоединять и отсоединять светильники от сети.

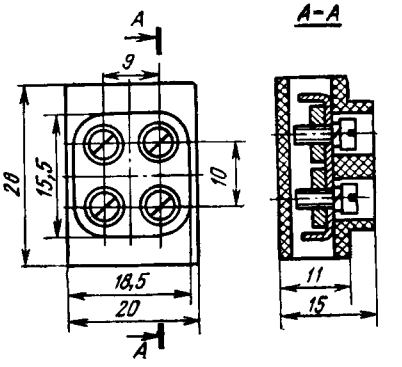


Рис. 7.17. Контактный зажим типа Св-2-2,5/220 для светильников.

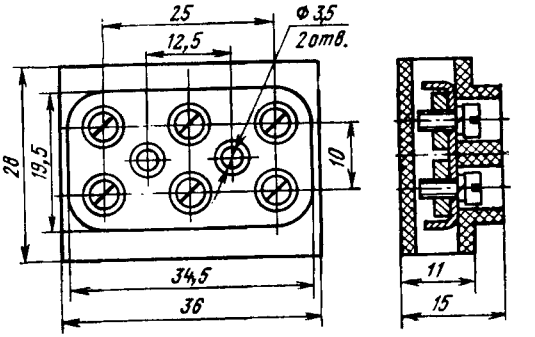


Рис. 7.18. Контактный зажим типа СОв-3-2,5/220 для светильников.

Контактные зажимы для ПРА и светильников. В контактных зажимах для ПРА (рис. 7.15 и 7.16) и светильников (рис. 7.17 и 7.18) применяются соединения: винтовые, безвинтовые пружинные, штифтовые (проводник присоединяется с помощью наконечника-оконцевателя) и паяные. Корпуса контактных зажимов изготавливаются из термопластичных (поликарбонат, полиамидные смолы) или термореактивных пластмасс.

Светорегуляторы. В последние годы все более широкое распространение получают светорегулирующие устройства на базе электронных схем и полупроводниковых приборов. Разработаны и внедрены следующие виды светорегуляторов:

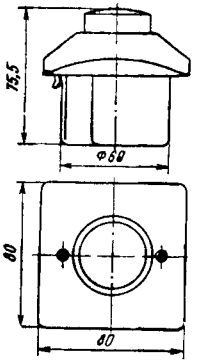


Рис. 7.19. Светорегулятор типа СР-03-1 для скрытой установки.

бытовые светорегуляторы типов СР-02 и СР-03-1 для стационарной установки (мощностью 0,2 и 0,3 кВт) (рис. 7.19);

бытовые светорегуляторы переносные типов СРП-02 и СР-03-3 (мощностью 0,2 и 0,3 кВт) [7.6];

театральные светорегуляторы типов РС-3, РС-5 и РС-10 (мощностью 3,5 и 10 кВт).

Светорегуляторы полупроводниковые работают на принципе фазовой отсечки, и их КПД не ниже 98 %.

Использование светорегуляторов позволяет экономить до 30 % потребляемой электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

7.1. **СТ СЭВ 1069-78.** Устройства электроустановочные светотехнические. Термины и определения.

7.2. **ГОСТ 8223-81.** Изделия электроустановочные. Общие технические условия.

7.3. **Розенталь Э. С.** Электроустановочные изделия для светильников с люминесцентными лампами. — М.: Энергия, 1977. — 80 с.

7.4. **ГОСТ 2746.0-77.** Патроны резьбовые для электрических ламп. Общие технические условия.

7.5. **ГОСТ 7397-76.** Выключатели и переключатели установочные. Общие технические условия.

7.6. **Светотехника** в 1975—1976 годах (обзор). — Светотехника, 1977, № 1, с. 10—11.

7.7. **ГОСТ 361-78.** Патроны байонетные для электрических ламп накаливания. Технические условия.

Раздел восьмой

НОРМИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

8.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НОРМИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕНИЯ

Нормирование искусственного или естественного освещения — это установление норм и правил выполнения осветительных установок (ОУ), обеспечивающих требуемые в процессе эксплуатации уровни количественных и качественных показателей этих установок. Правила и нормы освещения регламентируются соответствующими нормативными документами, в основу которых заложены обычно материалы научных исследований в области физики излучений, физиологии зрения, гигиены труда, техники и экономики освещения и других смежных наук, при этом учитываются материальные и энергетические ресурсы страны. Поэтому нормативные документы составляются в каждой стране и отражают уровень развития в ней светотехнической науки и промышленности, а также техническую политику в области развития производства источников света (ИС) и светотехнических изделий. Целью и задачей нормирования является создание в освещаемом помещении световой среды[1], обеспечивающей зрительную эффективность ОУ с учетом требований физиологии зрения, гигиены труда, техники безопасности и т. п. при минимальных затратах электроэнергии и других материальных ресурсов, а также трудовых затрат на монтаж и эксплуатацию ОУ. Выбор показателей эффективности ОУ определяется ее функциональным назначением.

При промышленном освещении, назначением которого является обеспечение решения зрительных задач, вытекающих из технологии производства, или при освещении помещений общественных зданий, где проводятся точные зрительные работы, эффективность ОУ может определяться уровнем производительности труда (ПТ), заданной вероятностью правильного решения зрительной задачи, уровнем видимости и т. д. [11]. Эффективность установок наружного освещения (НО) городов может оцениваться по уровню видимости у водителей транспорта или по безаварийности работы последнего. Непосредственная регламентация в нормативных документах показателей эффективности ОУ называется *методом прямого нормирования* и является наиболее совершенным способом установления параметров, регламентируемых нормами. Однако проектирование и расчет ОУ могут производиться только по фотометрическим величинам (яркость, освещенность, световой поток и т. д.). Имеющиеся материалы не позволяют установить однозначную связь между разными показателями эффективности ОУ и фотометрическими величинами. Поэтому в мировой практике при разработке нормативных документов показатели эффективности ОУ используются лишь как *критерии нормирования*, а в качестве регламентируемых характеристик освещения принимаются такие величины, как освещенность, цилиндрическая освещенность, коэффициент естественной освещенности (КЕО), яркость и т. п. Такой способ установления регламентируемых показателей ОУ и их уровней называется *косвенным методом нормирования* [11].

Выбор освещенности в качестве нормируемого параметра ОУ[2] объясняется наличием большого количества исследований, устанавливающих связь между показателями эффективности ОУ (ПТ, зрительной работоспособностью — ЗР, видимостью и т. п.) и яркостью. Это позволяет по выбранным критериям нормирования устанавливать уровни освещенности для различных зрительных задач. Кроме того, освещенность просто рассчитывается и измеряется переносными фотометрическими приборами, что позволяет легко ее контролировать. Энергетические показатели ОУ могут быть также определены по уровню освещенности.

Метод нормирования путем регламентации уровней освещенности обладает следующими особенностями: уровень освещенности (яркости) нелинейно связан со степенью эффективности ОУ, причем характер этой нелинейности неодинаков для различных зрительных задач и зависит от структуры производственного процесса, точности и напряженности зрительной работы; эффективность освещения зависит не только от уровня освещенности (нормируемый количественный параметр ОУ), но и от распределения светового потока в освещаемом пространстве и во времени, а также от спектра излучения источников света, используемых для освещения, т. е. от качественных параметров ОУ. Поэтому в практике принято наряду с количественным параметром регламентировать качественные показатели освещения, определяющие ЗР в совокупности с уровнем освещенности.

Предмет, его часть или дефект на нем, которые необходимо обнаружить или различить в процессе про-

[1] Световая (светоцветовая) среда помещения определяется спектральными характеристиками и распределением во времени и пространстве прямых и отраженных световых потоков, излучаемых видимой частью спектра искусственных или естественных источников света, а ее психофизиологическое действие оценивается по критериям, характеризующим общее состояние человека.

[2] Как известно, глаз реагирует на яркость. Поэтому при установлении в качестве нормируемого параметра характеристики освещенности, обычно учитывается коэффициент отражения рабочей поверхности.

изводственной деятельности, называются объектом наблюдения (обнаружения, различения). Распределение яркости (освещенности) по освещаемому объекту (микрораспределение) определяет контраст различаемой детали с фоном, что особенно важно при освещении объемных деталей; мерой этого качественного параметра может являться контрастность освещения [11].

Неравномерное распределение яркости в освещаемом пространстве (макрораспределение), оцениваемое *коэффициентом неравномерности* N [4], приводит к снижению контрастной чувствительности и сказывается отрицательно на ЗР [8.1—8.4]:

$$N = \Delta L_{\text{н}}/\Delta L - 1,$$

где $\Delta L_{\text{н}}$ — пороговая разность яркостей при неравномерном распределении яркости в поле зрения; ΔL — то же, но при равноярком поле с яркостью, равной яркости центральной части поля зрения при неравномерном ее распределении.

Светящие поверхности, обладающие высокой яркостью (светильники, светящие потолки, панели, окна), расположенные на периферии поля зрения работающих, вызывают ослепленность или ощущение дискомфорта и также снижают контрастную чувствительность и другие функции зрения. Этот качественный параметр оценивается *показателем ослепленности* P или *показателем дискомфорта* M [11; 8.5].

Изменение светового потока во времени, в частности его периодические колебания с частотой выше критической частоты мельканий, вызываемые ГЛ, приводят к повышению утомления и снижению ЗР. В СССР для оценки этого параметра используется *коэффициент пульсации освещенности* $K_{\text{п}}$ [8.6—8.9].

Спектральные характеристики излучения источников света, используемых в ОУ, влияют на условия восприятия цветных объектов наблюдения и могут повышать или снижать цветовые контрасты. Ощущение светового комфорта, по исследованиям Крюитхоффа [6] и других авторов [8.11], зависит от совокупности цветовой температуры источников света и уровня освещенности (яркости) в помещении.

Не все из перечисленных качественных параметров освещения регламентируются в нормативных документах, причем вопрос этот решается по-разному в нормах различных стран. В отечественных нормах [44] непосредственно регламентируются показатели ослепленности и дискомфорта и коэффициент пульсации освещенности; даны рекомендации к выбору источников света по их цветовой температуре. Отсутствие инженерного метода расчета коэффициента неравномерности N не позволяет регламентировать в нормах этот качественный параметр.

Независимо от принятого способа нормирования (прямого или косвенного) задачей нормативных документов является обеспечить совокупной регламентацией количественных и качественных показателей комфортные условия световой среды в освещаемом помещении, т. е. максимально возможную высокую работоспособность при минимальном утомлении, а также эстетическое восприятие интерьера.

Расход электроэнергии и других материальных ресурсов на освещение зависит не только от уровней регламентируемых параметров ОУ, но и от выбранных проектных решений. В настоящее время при помощи ЭВМ имеется возможность принимать оптимальные по технико-экономическим показателям проектные решения ОУ, обеспечивающие выполнение нормативных требований. Эти решения зависят главным образом от эффективности источников света и стабильности излучаемого ими светового потока в процессе эксплуатации. Так, появившиеся в нашей стране в 1928 г. первые осветительные нормы регламентировали максимальную освещенность на рабочих поверхностях только 100 лк. За истекшие 50 лет нормы пересматривались 6 раз, а максимальные уровни освещенности возросли до 5000 лк. Появление в VIII пятилетке ГЛ и освоение в X пятилетке более эффективных ИС (МГЛ и НЛВД) позволили повысить уровни нормированной освещенности сначала для помещений с точными зрительными работами в промышленных и общественных зданиях [8.12], а затем и для грубых работ [44].

8.2. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ НОРМИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Как уже указывалось, под критерием нормирования освещения следует понимать показатель зрительной эффективности ОУ, на основании которого устанавливаются уровни нормируемых количественных и (или) качественных показателей для этих установок. Выбор критерия нормирования зависит от функционального назначения ОУ с учетом общей эффективности, т. е. материальных, трудовых и энергетических затрат. Исходя из высказанных соображений следует рассматривать раздельно критерии нормирования освещения для ОУ разного назначения: промышленных предприятий, общественных зданий, жилых помещений и установок НО городов.

8.2.1. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ НОРМИРОВАНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Нормирование промышленных ОУ можно рассматривать в двух аспектах: разработка общих норм для всех производственных помещений по обобщенным характеристикам зрительных задач и установление уровней нормируемых величин для отдельных технологических операций. В первом случае необходимо знать общие закономерности связи выбранного критерия нормирования с уровнями нормируемых параметров, а во втором — те же закономерности для частных случаев. Применительно к отечественной практике нормирования первый случай относится к разработке *общесоюзных норм освещения*, а второй — к *отраслевым документам*, в которых общие закономерности могут быть при необходимости скорректированы. Изложенные ниже критерии нормирования будут рассматриваться в свете указанных аспектов.

Эффективность промышленной ОУ наиболее полно характеризуется уровнем ПТ, количеством допущенного брака и вызываемым зрительным и общим утомлением. Совокупность этих трех параметров осветительной установки принято называть производственными показателями. Нормирование освещения по производственным показателям позволяет непосредственно определить общую эффективность ОУ путем сопоставления расходов на ее устройство и реального прироста дохода от повышения ПТ за счет освещения. Учитывая очень большое многообразие технологических операций, а также зависимость производственных показателей от факторов, не связанных с освещением (воздушная среда, технологическое оборудование, качество сырья и т. п.), прямое нормирование по этому критерию затруднено.

Определение экспериментальным путем в производственных условиях зависимости производственных показателей от условий освещения, требующее создания нескольких вариантов ОУ, очень трудоемко и не всегда технически выполнимо. Еще сложнее выявление общих закономерностей, связывающих условия освещения и ПТ по промышленности в целом. Поэтому в практике нормирования пользуются различными критериями нормирования освещения в зависимости от задач, по-

ставленных в каждом отдельном случае. Наиболее часто встречающимися в практике нормирования являются следующие критерии: относительная видимость, ЗР и технико-экономические показатели.

Независимо от выбранного критерия нормирования в промышленных ОУ регламентируется освещенность на *рабочих поверхностях*, т. е. на поверхностях, на которых или на фоне которых расположены объекты наблюдения (царапины, штрихи, трещины, ниги и т. п.). Совокупность рабочих поверхностей в пределах одного рабочего участка (станка, стола, стенда и т. п.) называется *рабочим местом.*

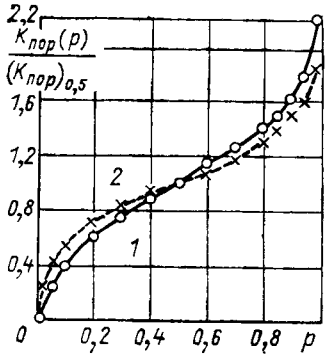


Рис. 8.1. Зависимость относительного порогового контраста $K_{пор}(p)/(K_{пор})_{0,5}$ от вероятности обнаружения p.
1 — время не ограничено; *2* — $t \leqslant 0{,}1$ с.

В мировой практике в производственных помещениях принято нормировать освещенность на рабочих поверхностях в плоскости их расположения и учитывать коэффициент отражения рабочей поверхности.

Уровень нормируемой освещенности определяется, как правило, *точностью зрительной работы*, т. е. угловым размером объекта наблюдения и его *контрастом* с фоном, на котором он расположен. При ахроматических или одноцветных объекте наблюдения и фоне под контрастом объекта с фоном понимается яркостный контраст. Влияние параметров объектов наблюдения (угловой размер и контраст с фоном) и условий зрительной работы на ЗР или отдельные функции зрения приведены в разд. 2.

Следует отметить, что решение определенной зрительной задачи может характеризоваться также напряженностью зрительной работы, зависящей от технологического процесса. Например, при контроле (браковке) каких-либо изделий напряженная зрительная работа занимает практически все рабочее время, а при изготовлении этого же изделия на станке или другом оборудовании зрительная работа кратковременна, а машинное время велико. Различение (обнаружение) движущихся объектов требует большего напряжения зрения, чем различение неподвижных объектов, а различение формы объекта сложнее, чем его простое обнаружение, и требует увеличения времени восприятия или повышения уровня нормируемой освещенности. То же самое происходит при необходимости поиска объекта наблюдения в пространстве.

В отечественной практике нормирования принято непосредственно регламентировать уровни освещенности применительно к объектам простой формы, параметры которых легко определить (круг и т. п.) без учета факторов, осложняющих зрительную работу. Эти факторы учитываются в нормах косвенным путем, т. е. путем примечаний или специальных указаний.

Нормирование освещенности по относительной видимости. Нормирование по относительной видимости [см. выражение (2.3)] было использовано при разработке общесоюзных норм — СНиП, гл. II-А, 9.71 [8.12]. При этом было принято $V_0=0{,}7$ при вероятности обнаружения $p=0{,}5$. Однако этот критерий нормирования не дает возможности оценить изменение уровня ПТ в зависимости от нормируемой освещенности. Поэтому в дальнейшем при разработке [44] регламентированные в [8.12] по относительной видимости уровни освещенности корректировались по технико-экономическим показателям. Относительная видимость может быть использована при составлении отраслевых норм в случае, когда требуется обеспечить определенный уровень вероятности опознавания или обнаружения объектов наблюдения, например при браковке тканей или других изделий. В этом случае оценкой зрительной эффективности является не ПТ, а количество пропущенного брака, т. е. вероятность опознавания объектов различения.

В основу нормирования освещенности (яркости) по относительной видимости положен уровень или запас видимости V ахроматических или одноцветных с фоном объектов наблюдения любого углового размера α, определяемый выражением (2.2), для заданных яркости (освещенности) и вероятности обнаружения $p=0{,}5$. Для плоских объектов, обладающих диффузным отражением, хорошо изучена зависимость порогового контраста $K_{пор}$ от яркости фона $L_ф$ (2.1) для объектов различных размеров простой формы с различной степенью вероятности зрительного обнаружения. При нормировании принято пользоваться в качестве объекта наблюдения темным кругом на светлом фоне, для которого Блекуэлл [8.13] установил зависимость $K_{пор}$ от вероятности обнаружения p.

На рис. 8.1 представлена зависимость отношения пороговых контрастов, определенных с различной вероятностью p, к значению этой же величины при $p=0{,}5$ в функции p. С увеличением яркости фона пороговый контраст для круга любого углового размера в функции $L_ф$ снижается, а при высоких его значениях величина $K_{пор\alpha}$ стремится к насыщению. На основании исследований Блекуэлла, Кениера, Геноуига, Вейгеля, Киолля и других были установлены [8.14] значения минимального порогового контраста для равнояркого фона $\xi_\alpha = f(\alpha, L_{опт})$ при $p=0{,}5$, представленные в табл. 8.1, исходя из следующего условия:

$$\frac{d \lg K_{пор}}{d \lg L} < 0{,}01. \qquad (8.1)$$

Таблица 8.1. **Предельные пороговые контрасты для круга при $p=0{,}5$ и оптимальные значения яркости $L_{опт}$**

Минимальный пороговый контраст и оптимальная яркость	α						
	1′	2′	3′	5′	10′	50′	150′
ξ_α	0,12	0,045	0,03	0,018	0,012	0,01	0,008
$L_{опт}$, кд/м²	10^3	$0{,}64 \cdot 10^3$	$0{,}3 \cdot 10^3$	$0{,}2 \cdot 10^3$	50	10	8

Максимальное значение видимости объекта наблюдения с заданным угловым размером имеет место при $K_{пор}=\xi_\alpha$.

В общем случае для заданного значения вероятности обнаружения объектов наблюдения видимости V_p и $V_{p\,max}$ определяются выражениями

$$V_p = \lg \frac{10K}{K_{пор\alpha} f(p)}; \qquad (8.2)$$

$$V_{pmax} = \lg \frac{10K}{\xi_\alpha f(p)}, \qquad (8.3)$$

где K — контраст объекта наблюдения с фоном.

Относительная видимость V_o из (2.3) с учетом (8.2) и (8.3) может быть выражена в следующем виде:

$$V_o = \frac{1 + \lg K - \lg K_{пор(\alpha)} - \lg f(p)}{1 + \lg K - \lg \xi_\alpha - \lg f(p)}. \qquad (8.4)$$

Относительная видимость определяет, в какой степени выбранный или нормируемый уровень яркости (освещенности) приближается к ее оптимальному значению для заданной зрительной задачи, т. е. к ее гигиеническому максимуму. Принято считать, что гигиенический минимум яркости (освещенности) соответствует случаю, когда контраст объекта с фоном равен его пороговому значению при p, близкой к единице. Повышение относительной видимости V_o и вероятности обнаружения p приводит к увеличению расхода электроэнергии и других материальных затрат.

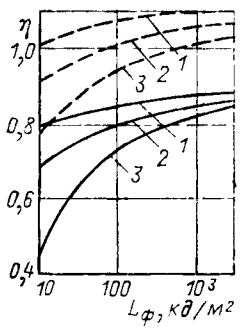


Рис. 8.2. Зрительная работоспособность η в функции яркости фона $L_ф$ (по Вестону).

1 — контраст $K=0.92$; *2* — $K=0,68$; *3* — $K=0,37$; ——— $\alpha=3'$; — — — — $\alpha=6'$.

Несколько сложнее дело обстоит с объемными объектами наблюдения, для которых видимый размер объекта и его контраст с фоном зависят от качества освещения, т. е. от микрораспределения яркости по освещаемому объекту. В этом случае принято пользоваться понятием эквивалентных параметров объектов наблюдения. Эквивалентными параметрами любого объекта наблюдения В. В. Мешков предложил считать угловой размер $\alpha_э$ и контраст равнояркого круга $K_э$, относительная видимость которого равна относительной видимости заданного объекта при двух-трех значениях $L_ф$ [11]. Необходимость измерения видимости при нескольких значениях яркости вытекает из того, что $\alpha_э$ определяется из функции

$$\lg \frac{K_{пор}(L_1)}{K_{пор}(L_2)} = f(\lg L_ф). \qquad (8.5)$$

Определение эквивалентных параметров целесообразно проводить на тренированных наблюдателях, для которых известна зависимость $K_{пор\alpha} = f(L_ф)$ для нескольких значений α.

Эквивалентные параметры объекта наблюдения будут иметь неодинаковые значения при различном микрораспределении яркости по нему, т. е. в различных условиях освещения. Поэтому их следует определять при заданных условиях освещения, изменяя при измерениях видимости только уровни яркости. В связи с изложенным эквивалентные параметры объектов наблюдения используются главным образом при установлении норм для каких-либо отдельных операций или в отраслевых нормах [8.15, 8.16].

Выбор уровня нормируемой освещенности по зрительной работоспособности. Понятие ЗР и использование этой осложненной зрительной функции в качестве критерия нормирования предложено Х. Вестоном [8.17]. В основу этого критерия нормирования положены быстрота различения — время, необходимое для восприятия объекта наблюдения, и вероятность его правильного опознания в зависимости от параметров этого объекта и $L_ф$ [см. (2.8), (2.9)].

Для оценки влияния яркости рабочей поверхности и размера объекта наблюдения на ЗР η Вестон провел много серий опытов, варьируя указанные величины, при разных уровнях яркости фона. Эти исследования (рис. 8.2) показали, что кривые ЗР стремятся к насыщению при больших значениях $L_ф$ и тем раньше, чем больше угловой размер объекта различения и контраст его с фоном. Вестон предложил считать оптимальным значение $L_ф$ для заданных α и K, когда дальнейшее его увеличение не приведет к росту ЗР. Соответствующее этой яркости значение ЗР Вестон обозначил как η_{max}. Он предложил оценивать ОУ по относительной ЗР:

$$\eta_{отн} = \eta/\eta_{max}. \qquad (8.6)$$

В зависимости от материальных и энергетических возможностей страны для нормирования может быть принято то или иное значение $\eta_{отн}$.

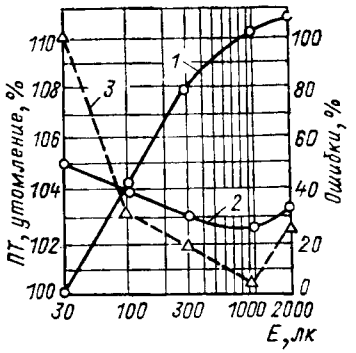


Рис. 8.3. Эффективность осветительной установки в функции освещенности.

1 — производительность труда; *2* — утомление; *3* — ошибка.

На основе сопоставления результатов экспериментальных исследований Вестон предложил эмпирическое соотношение, определяющее зависимость яркости рабочей поверхности $L_ф$, кд/м², от параметров объектов наблюдения α и K и принятого значения $\eta_{отн}$:

$$L_ф = a\eta_{отн}/\alpha^{1,5} K, \qquad (8.7)$$

где a — параметр уравнения, определяемый принятым значением ЗР ($a=15,4$ при $\eta_{отн}=0,9$).

Предложенный Вестоном критерий нормирования был использован при составлении английского осветительного кодекса 1961 г. Область применения этого критерия нормирования та же, что у критерия относительной видимости.

Выбор уровня нормируемой освещенности по технико-экономическим показателям. Критерий нормирования освещенности по ПТ был положен в основу раздела «Искусственное освещение» (в части производственных помещений) действующих норм. Эффективность ОУ может оцениваться по производственным показателям — ПТ, браку и утомлению. Как правило, с ростом уровня яркости (освещенности) повышается ПТ, снижаются брак и утомление. Однако для различных зрительных задач все эти три показателя изменяются по-разному, но вместе с тем подчиняются качественно общим закономерностям. Для примера на рис. 8.3 показаны результаты исследований, проведенных в учебном обществе «Свет» (ГДР). В продолжение 4 ч проводилась работа, которая состояла в нанизывании окрашенных в пять цветов деревянных бус диаметром 5—6,5 мм с диаметром отверстия 1,5 мм на проволоку 1,3 мм по заданной программе в условиях постоянства качества освещения и вариации освещенности с 30 до 2000 лк [8.18]. Из рис. 8.3 можно сделать следующие выводы, характерные для многих зрительных задач: с увеличением освещенности ПТ повышается, но постепенно кри-

вая $ПТ=f(E)$ стремится к насыщению; количество брака (ошибок) и утомление с ростом освещенности сначала снижаются, а затем начинают повышаться, хотя ПТ еще продолжает расти.

Критерием выбора нормируемой освещенности по технико-экономическим показателям является следующее выражение:

$$\Delta Э \geqslant \Delta З, \qquad (8.8)$$

где $\Delta Э$ — экономия в рублях от прироста ПТ и снижения брака; $\Delta З$ — повышение приведенных годовых затрат за счет повышения освещенности.

Для отдельных производственных операций такой расчет может быть произведен на основании производственного эксперимента и данных предприятия о стоимости продукции.

Для составления общесоюзных норм предложенная методика может быть использована при наличии данных о приросте ПТ ($\Delta П$) в функции яркости (освещенности) для всего многообразия производственных процессов, имеющихся в промышленности. Однако, как показывает практика, работы, одинаковые по точности, обладают разной «отзывчивостью» к повышению освещенности в зависимости от структуры технологического процесса (разное время чисто зрительной работы, различная мышечная нагрузка, неодинаковые условия воздушной среды, разное технологическое оборудование и т. д.). На это указывают имеющиеся публикации по определению прироста ПТ при повышении освещенности, относящиеся к отдельным производственным операциям или цехам.

Для возможности использования предложенной методики при составлении общесоюзных норм был предложен способ обработки указанных выше публикаций [8.19], который позволил путем усреднения большого числа экспериментальных исследований, проведенных на производстве в разных отраслях промышленности для работ различной точности, установить зависимость $\Delta П=f(L)$, т. е. зависимость прироста ПТ для какого-либо уровня яркости от первоначальной производительности, принятой за единицу для очень малых значений яркости (2—3 кд/м²). Все работы были разбиты по точности зрительных задач в соответствии с разрядами действующих общесоюзных норм. При этом предполагалось, что экспериментальные исследования проводились при соответствии качественных показателей требованиям норм. Зависимость между $\Delta П$ и L получилась логарифмической:

$$\Delta П = a \lg L + C, \qquad (8.9)$$

где a и C — коэффициенты, зависящие от точности зрительных работ и диапазона яркостей (табл. 8.2).

На рис. 8.4 показаны кривые $\Delta П=f(L)$ для работ разной точности. Данными, приведенными на рис. 8.4, можно пользоваться только как обобщенными, т. е. для обоснования общесоюзных норм, но они неприменимы для прогнозирования повышения ПТ в какой-либо отрасли промышленности, а тем более одной зрительной задачи.

При расчете среднего прироста ПТ по промышленности в целом следует пользоваться составленными методом экспертных оценок сведениями о распределении площади промышленных предприятий по разрядам работ $\gamma_{пi}$. Среднее значение $\Delta П_{ср}$ по промышленности в целом определилось как средневзвешенное по площади, соответствующей каждому разряду работ по нормам, т. е. по следующей формуле:

$$\Delta П_{ср} = \Sigma \gamma_{пi} \Delta П_i, \qquad (8.10)$$

где $\Delta П_i$ соответствуют приростам производительности труда для разных разрядов работ. Коэффициенты $\gamma_{пi}$ при них берутся по экспертным оценкам.

Таблица 8.2. **Значения коэффициентов a и C**

Разряд зрительной работы[1]	Диапазон яркостей, кд/м²	Значение коэффициента	
		a	c
II	<20	14,5	−3,4
	20—120	12,0	0
	121—200	9,3	+5,6
III	<20	9,6	−1,2
	20—120	9,3	−0,5
IV, V	30 и менее	8,7	−1,2
	31—100	5,3	+3,5

[1] См. табл. 8.4.

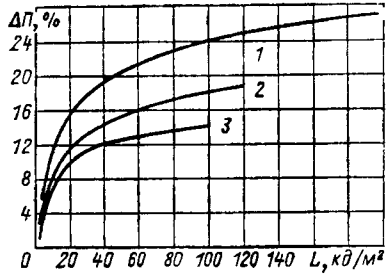


Рис. 8.4. Прирост производительности труда $\Delta П$ в функции яркости L для работ разной точности.

1 — разряд зрительной работы II; *2* — разряд III; *3* — разряды IV и V.

При этом усреднении сделаны следующие допущения.

1. Прирост ПТ методически правильнее определять не по площади, а по количеству рабочих, занятых работами данной точности. Допущенная ошибка приводит к уменьшению $\Delta П$ для I, II и отчасти III разряда, в которых средняя площадь, приходящаяся на одного работающего, меньше, чем для грубых работ и работ малой и средней точности. Для последних по этой же причине $\Delta П$ несколько преувеличено. Можно считать с достаточной для практики точностью, что эти допущения друг друга компенсируют при расчете средневзвешенного значения $\Delta П_{ср}$.

2. В литературе не приведены материалы по изучению зависимости ПТ для грубых работ (VI разряд). В (8.10) $\Delta П$ для VI разряда рассчитывается, как для V разряда. Из литературных источников известно, что при грубых работах, т. е. при очень несложных зрительных задачах, прирост ПТ происходит не за счет увеличения эффективности работы зрительного анализатора, а в силу стимуляции светом общего тонуса нервной системы и снижения утомляемости. Однако достоверной информации о зависимости $\Delta П=f(L)$ для грубых работ не имеется. Учитывая, что увеличение освещенности для этого вида работ приводит к снижению травматизма, принятое допущение вполне оправдано.

8.2.2. НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Показатель ослепленности. Известно, что наличие в поле зрения блеских источников, вызывающих слепящее действие, снижает уровень практически всех функций зрения [4, 6, 11], а следовательно, и общую зрительную работоспособность. Кроме того, известно

также, что зрительное утомление как бы усиливает действие блескости, т. е. пороговый контраст объекта наблюдения с фоном, измеренный до работы, при наличии в поле зрения наблюдателя блеского источника возрастает после зрительной работы в течение длительного времени. На рис. 8.5 показаны результаты экспериментальных исследований [8.20] зависимости снижения ПТ при наличии слепящего действия для работ различной точности. Из рисунка видно, что чем точнее работа и чем выше *показатель ослепленности P* (2.5), тем больше снижается ПТ. В других исследованиях [16] было показано, что с уменьшением угла действия

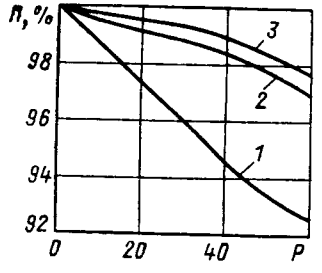


Рис. 8.5. Относительное изменение производительности труда *П* при различных значениях показателя ослепленности *P*.

1 — разряд зрительной работы 1а; *2* — разряд 1в; *3* — разряд 11г.

блеского источника и повышением его силы света относительное увеличение *коэффициента ослепленности S* после работы по сравнению с его уровнем до работы тем больше, чем больше слепящее действие ОУ (рис. 8.6). На рис. 8.7 приведены результаты аналогичных опытов [6], в которых показано, что повышение *S* пос-

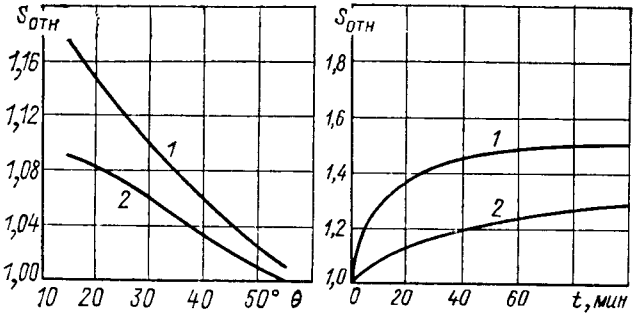


Рис. 8.6. Относительное изменение коэффициента ослепленности в функции угла действия θ блеского источника.

$1 - I_{уд} = 600$ кд/м; $2 - I_{уд} = 360$ кд/м.

Рис. 8.7. Относительное изменение коэффициента ослепленности $S_{отн}$ в функции времени работы *t*.

1 — разряд работы IIб: *2* — разряд работы IIIв.

ле работы больше при более точной выполняемой работе и при увеличении ее длительности. Исследования в производственных условиях устойчивости ясного видения (УЯВ) [8.21] до и после работы при трех вариантах освещения показали, что снижение этой функции зрения тем меньше, чем меньше слепящее действие.

Освещение светящей полосой из двух люминесцентных ламп	Среднее снижение УЯВ к концу рабочего дня, %
Без экранирующей решетки	22
С экранирующей решеткой, создающей защитный угол 15°	14
То же но с защитным углом 45° . . .	5

Для определения устойчивости ясного видения проводится непрерывное 3-минутное различение кольца Ландольта, размер разрыва которого близок к пороговому. Часть времени наблюдатель отчетливо различает направление его разрыва, затем разрыв «расплывается» и становится неразличимым. Отношение времени четкого различения разрыва кольца к полному времени его наблюдения называется устойчивостью ясного видения. Устойчивость ясного видения уменьшается по мере роста зрительного утомления.

В связи с отрицательным действием блескости на ЗР и вызываемым ею повышением утомления в нормативных документах практически всех стран регламентируются меры по ограничению слепящего действия ОУ. В осветительных кодексах Англии, США, Канады, ЧССР и других стран регламентируется показатель дискомфорта, а в ФРГ, ГДР ограничивается яркость в различных зонах протяженных светильников с относительно малой яркостью ИС, а для точечных ИС — защитные углы и высоты подвеса. В нашей стране до 1971 г. ограничение ослепленности также регламентировалось высотой подвеса светильников над уровнем пола в зависимости от яркости светильников и их защитных углов. В нормах 1971 г. [8.12] и в действующих нормах [44] слепящее действие для помещений общественных зданий регламентируется показателем дискомфорта, для промышленных осветительных установок — показателем ослепленности (2.5).

Как следует из выражений (2.4)—(2.7), показатель ослепленности *P* можно представить в виде

$$P = \frac{ma \cdot 10^3}{L_{ад}} \left[\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_{\gamma i} \cos \theta_i}{l_i^2 \theta_i^2} \right)^{3/2} \right]^{2/3}, \quad (8.11)$$

где в отличие от выражений (2.4)—(2.7) *a* — коэффициент, учитывающий спектр излучения блеского источника; $I_{\gamma i}$ — сила света *i*-го блеского источника по направлению к глазу наблюдателя, кд; l_i — расстояние от *i*-го блеского источника до глаза наблюдателя, м.

Анализ (8.11) показывает, что слепящее действие ОУ зависит от светораспределения светильников, их мощности и яркости, количества светильников, попадающих в поле зрения, создаваемой ими освещенности и коэффициента отражения рабочей поверхности, на которую адаптировал глаз наблюдателя. Ясно, что только высотой подвеса светильников и их защитным углом нельзя оценивать слепящее действие ОУ. Инженерный метод расчета слепящего действия ОУ путем проверки их на соответствие требованиям норм по ограничению ослепленности приведен в п. 9.4.3.

Установление допустимых значений *P* производилось путем экспертной оценки, произведенной на основе практики эксплуатации промышленных ОУ в течение многих лет с учетом точности зрительных работ, выполняемых в помещении. Был произведен анализ выпускаемых промышленностью светильников по их светотехническим параметрам, а также выполненных ОУ с целью проверки возможности реализации регламентируемых нормами правил ограничения ослепленности.

Пульсация излучений. Излучение современных ГЛ, широко применяемых в практике промышленного освещения, пульсирует с удвоенной частотой переменного тока, питающего ОУ. Для количественной оценки глубины пульсации ГЛ пользуются понятием коэффициента пульсации $K_{п.и}$, который определяется выражением [8.9]

$$K_{п.и} = \frac{\Phi_{max} - \Phi_{min}}{2\Phi_{ср}}, \quad (8.12)$$

где Φ_{max} и Φ_{min} — максимальное и минимальное значения светового потока за период его колебаний, равный 0,02 с для частоты напряжения в питающей сети $f=50$ Гц; $\Phi_{ср}$ — среднее значение светового потока за этот же период.

На рис. 8.8 приведены осциллограммы световых потоков излучения для некоторых ГЛ.

Исследования влияния пульсации светового потока ГЛ, питаемых током промышленной частоты, на функции зрения, электрическую активность мозга, ПТ и

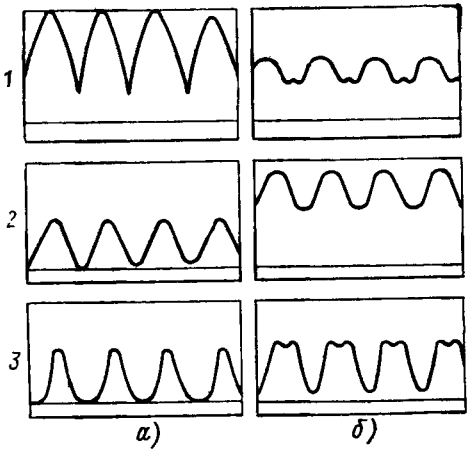


Рис. 8.8. Осциллограммы излучения ГЛ общего применения.

а — однофазное включение; *б* — двухфазное включение близко расположенных ламп со сдвигом фаз 120°; *1* — ЛДЦ80; *2* — ДРЛ1000; *3* — ДКсТ10000.

утомление [8.6, 8.7] показали, что увеличение глубины пульсации сказывается отрицательно на ЗР и повышает утомление. Повышение глубины колебаний светового потока с 5 до 55 % приводит, как показано в [8.7], к снижению функций зрения на 24—28 %.

Для уменьшения $K_{п,и}$ на практике пользуются следующими способами: включением в разные фазы сети переменного тока двух или трех светильников, установленных в одной световой точке, или применением двухламповых светильников с емкостным и индуктивным балластами. Последний способ применяется в светильниках с ЛЛ. В табл. 9.8 приведены $K_{п,и}$ для различных ИС и способы их включения.

Повышение частоты колебаний светового потока ИС оказывает благоприятное действие на человека. В исследованиях, проведенных в производственных условиях [8.22], было показано, что при повышении частоты колебаний светового потока до 1050 Гц ПТ повысилась примерно на 2 % при одновременном снижении утомления по сравнению с вариантом питания ОУ током промышленной частоты с $K_{п,и}=17$ %.

Глаз реагирует на изменение во времени яркости или освещенности рабочего места. Глубина пульсации освещенности, регламентируемая в нормах [44], оценивается коэффициентом пульсации освещенности $K_п$:

$$K_п = \frac{E_{max} - E_{min}}{2E_{ср}}, \qquad (8.13)$$

где E_{max} и E_{min} — максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{ср}$ — среднее значение освещенности за этот же период.

Значения $K_п$ в ОУ неоднаковы в различных точках помещения, так как они зависят не только от $K_{п,и}$ ИС, которым освещено помещение, и схемы включения светильников в сеть, но и от взаимного расположения рабочего места и светильника. Однако $K_п$ в любой точке помещения не может быть больше $K_{п,и}$ ИС, используемого для освещения данного помещения.

При установлении допустимых значений $K_п$ в производственных помещениях были использованы исследования [8.23], в соответствии с которыми при коэффициенте пульсации освещенности более 20 % возможно возникновение стробоскопического эффекта. Это определило верхний допустимый предел регламентируемого значения $K_п$ для производственных помещений, в которых, как правило, имеются условия для возникновения стробоскопического эффекта. Поскольку любой

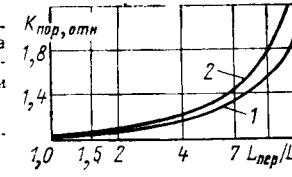


Рис. 8.9. Относительное изменение порогового контраста $K_{пор,отн}$ в функции неравномерного распределения яркости в поле зрения $L_{пер}/L_ц$.

1 — до работы; *2* — после работы.

коэффициент пульсации сказывается неблагоприятно на ЗР и повышает утомление, нижний допустимый предел $K_п$ определен был из технической возможности его реализации и составляет 10 %. При нормировании учитывалось, что чем точнее зрительная работа, тем сильнее утомление, и поэтому для более точных работ регламентируемые значения $K_п$ ниже. Инженерный метод расчета $K_п$ в ОУ приведен в п. 9.4.2.

Неравномерность распределения освещенности. Неравномерное распределение яркости в поле зрения наблюдателя приводит к снижению функции зрения. При одинаковом соотношении яркостей центральной части поля зрения и его периферии относительное снижение функции зрения больше, если периферия поля зрения светлее центра, чем наоборот [6, 1'; 8. —8 4]. Исследования, проведенные во ВНИСИ, показали, что действие неравномерности усиливается в процессе зрительного утомления, вызванного работой (рис. 8.9). Распределение яркости в поле зрения рабочего определяется распределением освещенности по освещаемым поверхностям (потолок, стены, колонны, оборудование, рабочие поверхности и т. д.) и коэффициентами отражения этих поверхностей. Как уже указывалось, непосредственная регламентация допустимого соотношения яркостей в поле зрения работающего невозможна в настоящее время из-за отсутствия инженерного метода расчета этого параметра ОУ. Однако совершенно очевидно, что при заданном расположении рабочих поверхностей и других элементов интерьера производственного помещения с присущими им коэффициентами отражения равномерность распределения освещенности по помещению определяет в значительной мере распределение яркости в поле зрения работающего. Распределение освещенности по помещению имеет также и чисто экономический аспект. Как правило, увеличение неравномерности распределения освещенности по помещению при регламентации ее минимального значения приводит к перерасходу электрической энергии. На практике это положение не всегда очевидно вследствие дискретности световых потоков источников света, применяемых в ОУ, а также принятым в проектной практике допуском на расчетную минимальную освещенность (+20 и —10 % нормированной освещенности). Поэтому для ограничения неравномерности распределения яркости в поле зрения работающего нормами регламентируется соотношение освещенности от общего и местного освещения и неравномерность распределения освещенности в рабочей зоне помещения.

При регламентации неравномерности освещенности по освещаемому помещению в зоне рабочих мест было установлено, что при оптимальных по энергетическим показателям значениях отношения расстояния между светильниками l к высоте их подвеса h можно допустить $E_{max}/E_{min}=2$ для светильников с косинусным светораспределением и $E_{max}/E_{min}=1{,}5$ для светильников с глубоким светораспределением. Расчеты, проведенные в [8.24], подтверждают эти выводы.

8.2.3. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ НОРМИРОВАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Помещения общественных и промышленных зданий принято по задачам зрительной работы подразделять на четыре группы [44]:

I группа — помещения, в которых зрительная работа по различению объектов производится при фиксированном направлении линии зрения работающих на рабочую поверхность (рабочие кабинеты, конструкторские бюро, классные комнаты, аудитории и т. п.);

II группа — помещения, в которых проводится различение объектов при нефиксированной линии зрения или обзор окружающего пространства (торговые залы магазинов, залы столовых, выставочные залы, картинные галереи и т. п.);

III группа — помещения, в которых обзор окружающего пространства происходит при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов (концертные залы, зрительные залы и фойе театров, клубов и кинотеатров, комнаты ожидания, рекреации и т. п.);

IV группа — помещения, в которых происходит общая ориентировка в пространстве интерьера (проходы, коридоры, санузлы и т. п.).

Для оценки эффективности ОУ помещений I и II групп общественных зданий, в которых проводится различение объектов зрительной работы соответственно при фиксированном и нефиксированном направлениях линии зрения, можно было бы использовать те же критерии нормирования освещенности, что и для производственных помещений. Однако детальное изучение и анализ работ в помещениях I и II групп общественных зданий позволили выявить их специфику по сравнению со зрительными работами в помещениях промышленных зданий: чередование во времени характера работы, существенно различные доли рабочего времени с чисто зрительной работой в зависимости от характера работы, незначительный диапазон изменения размеров объектов различения и их контрастов с фоном и т. д.

В экспериментальной работе, поставленной с целью выявления возможных критериев нормирования освещенности [8.25], были исследованы следующие показатели: ПТ (по скорости корректорской работы), зрительное утомление по относительному изменению времени хроматической адиспаропии, видимости и яркости блеского источника на границе комфорт—дискомфорт. На рис. 8.10 представлены результаты измерений ПТ, а на рис. 8.11 — результаты измерений времени хроматической адиспаропии, видимости и яркости блеского источника на границе комфорт—дискомфорт.

Из результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы: увеличение освещенности приводит, как правило, к росту ПТ, но при чрезмерном повышении освещенности возрастает утомление. Аналогичные исследования, проведенные за рубежом [8.17, 8.26, 8.27] с использованием различных способов оценки работоспособности зрительного анализатора в условиях административно-конторских помещений, также показали, что ЗР растет с увеличением освещенности до 2,5—3 клк. Исследования Е. Симонсона и Дж. Брозека подтверждают вывод о том, что минимальное утомление при указанных работах имеет место при значительно меньших уровнях освещенности, примерно 500—1000 лк [8.28].

Таким образом, одним из критериев выбора освещенности для административных зданий или помещений с аналогичными работами (учебные помещения, научно-исследовательские институты, проектные организации и т. п.) можно было бы использовать зрительное утомление. Однако непосредственно этот критерий

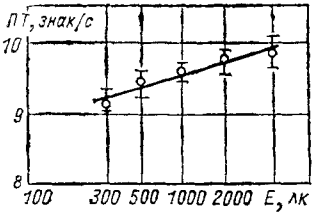


Рис. 8.10. Производительность труда в функции освещенности.

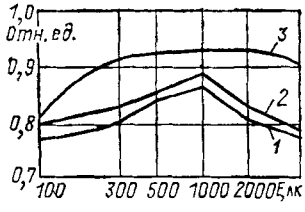


Рис. 8.11. Зрительное утомление в функции освещенности.
1 — видимость; *2* — время хроматической адиспаропии; *3* — яркость блеского источника на границе комфорт-дискомфорт.

не поддается расчету, так как, во-первых, зрительное утомление может определяться разными методами оценки (хроматическая или ахроматическая адиспаропия, устойчивость ясного видения, частота слияния мельканий и т. д.), а во-вторых, во всех случаях оценка утомления может проводиться только по относительным, а не по абсолютным значениям. Следовательно, этот критерий выбора освещенности может быть использован только опосредованно в качестве ограничительного показателя при установлении уровня освещенности при зрительных работах в общественных зданиях. В [8.25] была исследована зависимость требуемых уровней освещенности от размеров объектов различения, наиболее характерных для зрительных работ в помещениях I и II групп: чтение типографского текста, счет на логарифмической линейке и черчение. Оценка уровня освещенности при работах различной точности проводилась методом экспертных субъективных оценок, возможность применения которого для указанных целей была обоснована в [8.29]. Результаты исследований приведены на рис. 8.12. Принимая, что оптимальный уровень освещенности соответствует субъективной оценке «светло», а нижний допустимый уровень освещенности — «достаточно светло», можно определить из рис. 8.12 значения оптимальных освещенностей: 1200 лк при чтении, 1800 лк для счета на логарифмической линейке; 3000 лк для черчения, нижние допустимые уровни соответственно 400, 500 и 1000 лк. Таким образом, можно использовать в качестве критерия нормирования освещенности метод субъективной оценки условий освещения с учетом ограничения уровня нормируемой освещенности по утомлению.

Пользуясь указанными критериями, а также результатами упомянутых выше исследований и другими литературными источниками, можно предложить дифференциацию зрительных работ в помещениях общественных зданий по точности и по возможным уровням утомления, оцениваемых огрубленно по доле времени чисто зрительной работы [8.30]. Уровень нормируемой освещенности должен устанавливаться с учетом технико-экономических и энергетических затрат, а также технических параметров ИС на период разработки нормативных документов. Аналогичная таблица послужила обоснованием при разработке [44].

В помещениях III группы общественных зданий, в которых отсутствует определенная зрительная работа,

а направление линии зрения произвольно, условия освещения оцениваются по светлоте окружающего пространства (ощущению насыщенности помещения светом). Ощущение насыщенности помещения светом зависит от уровня яркости той поверхности, на которую наблюдатель непосредственно смотрит в данный момент, индуктивного действия яркости окружающих поверхностей и

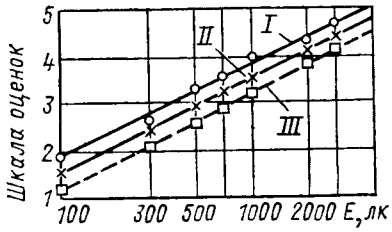


Рис. 8.12. Субъективные оценки уровней освещенности при зрительной работе.

I — чтение; *II* — счет на логарифмической линейке; *III* — черчение.

Шкала оценок: *1* — темно; *2* — недостаточно светло; *3* — достаточно светло; *4* — светло; *5* — слишком светло.

от предшествующего ощущения, возникающего у наблюдателя при осмотре поверхностей с яркостью, отличной от яркости поверхности, рассматриваемой в данный момент.

На основе результатов проведенных экспериментальных исследований [8.31], в которых сравнивалась

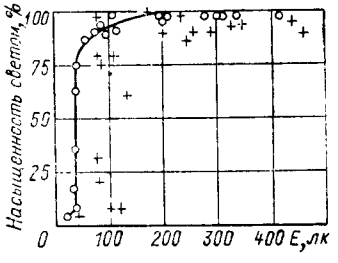


Рис. 8.13. Зависимость ощущения насыщенности светом помещения от уровня освещенности: средней цилиндрической (О) и горизонтальной (+).

субъективная оценка качества освещения по проценту наблюдателей, признавших ОУ достаточной по насыщенности этого помещения светом (рис. 8.13), было установлено, что за критерий ощущения насыщенности помещения светом наиболее целесообразно принять цилиндрическую освещенность $E_ц$ (см. разд. 1).

В результате экспериментальных исследований был предложен дифференцированный подход к нормированию $E_ц$ в зависимости от требований к освещению различных помещений III группы общественных зданий, использованный при разработке [44]. При этом в помещениях III группы общественных зданий нет необходимости нормировать уровни горизонтальной освещенности в соответствии [44]. Цилиндрическую освещенность целесообразно также нормировать как качественную характеристику условий освещения в ряде помещений II группы общественных зданий, в которых требуется обеспечить ощущение насыщенности помещения светом. Инженерные методы расчета цилиндрической освещенности приведены в п. 9.4.1.

Одной из важнейших качественных характеристик условий освещения является слепящее действие осветительных установок. Исследования закономерностей, количественно выражающих результаты действия яркости на зрение, проведенные в последние годы, привели к созданию метода оценки слепящего действия ОУ общественных зданий по дискомфорту, характеризующему неприятные зрительные ощущения неудобства и напряженности при неравномерном распределении яркости в поле зрения. В СССР в качестве количественного критерия, определяющего слепящее действие ОУ общественных зданий, принят *показатель дискомфорта*.

Математическая формализация многочисленных экспериментальных исследований, проведенных в нашей стране, позволила установить эмпирические выражения для расчета показателя дискомфорта M:

от одиночного источника [8.32]

$$M = \frac{L_c\,\omega^{0,5}}{p L_{ад}^{0,5}}, \qquad (8.14)$$

где L_c — яркость блескового источника, кд/м²; ω — телесный угол, в пределах которого находится блеский источник, ср; $L_{ад}$ — яркость адаптации, кд/м²; p — индекс позиции дискомфортного пятна относительно линии зрения наблюдателя по Лекишу—Гату;

от совокупности n источников [8.33]

$$M_\Sigma = \left[\sum_{i=1}^{n} M_i^2\right]^{0,5}, \qquad (8.15)$$

а также от светящих линий [8.34, 8.35].

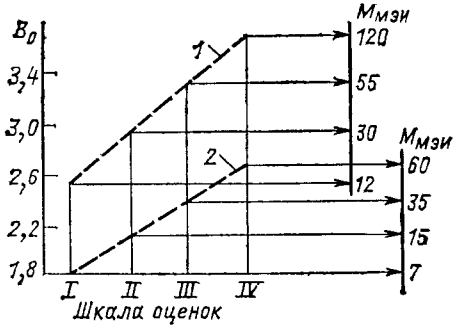


Рис. 8.14. Построение шкалы показателя дискомфорта $M_{мэи}$ по расчетным значениям зависимости светлоты B_0 от субъективной оценки дискомфорта для яркости адаптации $L_{ад}$, равной:

1 — $L_{ад}$ = 10 кд/м²; *2* — $L_{ад}$ = 100 кд/м²; *I* — приемлемо; *II* — неприятно-приемлемо; *III* — неприятно; *IV* — невыносимо.

Для построения шкалы значений показателя дискомфорта экспериментальным путем была установлена связь между показателем дискомфорта и субъективными оценками, определяющими разные степени ощущения дискомфортной яркости. Экспериментальные исследования дискомфорта на основе методики зрительных ощущений позволили ввести шкалу показателя дискомфорта, используя светлоту в качестве меры перехода от одного уровня ощущения к другому (рис. 8.14) [8.35—8.37]. В результате предложена шкала показателя дискомфорта (табл. 8.3), на основе которой составлены требования к ограничению слепящего действия для общественных и жилых зданий [44].

Инженерные методы расчета показателя дискомфорта приведены в 9.4.4.

Таблица 8.3. Шкала показателя дискомфорта

Категорийная оценка	Яркость адаптации, кд/м²	Показатель дискомфорта	Категорийная оценка	Яркость адаптации, кд/м²	Показатель дискомфорта
Приемлемо	10	12	Неприятно	10	55
	100	7		100	35
Приемлемо-неприятно	10	30	Невыносимо	10	120
	100	15		100	60

8.2.4. ВЫБОР КРИТЕРИЕВ НОРМИРОВАНИЯ УСТАНОВОК НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Установки стационарного освещения улиц, дорог и автострад должны создавать необходимые условия для работоспособности зрительного аппарата у водителей механизированного транспорта и пешеходов, обеспечивающие своевременное обнаружение препятствий. При этом пешеход должен иметь возможность различать неровности тротуара и мостовой, видеть ограждения и распознавать встречных людей; ввиду небольшой скорости движения пешеходов достаточно, чтобы они различали препятствия с расстояния в несколько метров. Водитель механизированного транспорта при значительной скорости движения последнего должен иметь возможность обнаружения препятствий по пути движения машины с расстояния в несколько десятков метров. При нормировании НО необходимо в первую очередь исходить из условий обеспечения видимости и измерения работоспособности зрительного анализатора водителей механизированного транспорта. Как известно, время, необходимое для обнаружения препятствий и принятия водителем соответствующих мер, составляет $\Delta t = 0{,}3 \div 2{,}0$ с. Кроме того, время инерции различных узлов тормозной системы управления автомашины в среднем может быть также принято равным 0,5 с, таким образом, суммарное время от момента обнаружения препятствий до начала того или иного маневра составляет в среднем более 1 с, что позволяет рассчитать минимальную необходимую дистанцию видимости препятствий (пешехода) и его угловой размер α при различных скоростях движения v с учетом длины тормозного пути [8.38].

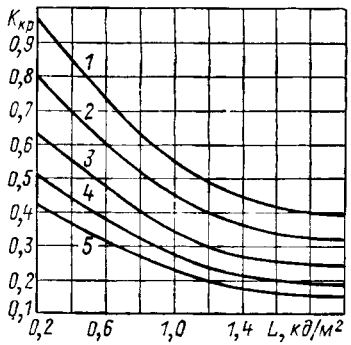


Рис. 8.15. Зависимость критического контраста $K_{кр}$ от яркости дорожного покрытия L для разных угловых размеров объектов наблюдения α.
1 — $\alpha = 30'$; *2* — 40'; *3* — 60'; *4* — 100'; *5* — 200'.

Для учета всех факторов, осложняющих условия работы водителей транспорта, вводится понятие *критического контраста* $K_{кр}$, значение которого определяет границу уверенного (с вероятностью $p = 0{,}99$) обнаружения препятствия водителем, т. е. объекта обнаружения (различения). Как показали экспериментально-теоретические исследования, проведенные во ВНИСИ, а также анализ зарубежных данных критический контраст зависит от угловых размеров объекта различения и яркости фона (рис. 8.15).

Пороговый контраст $K_{пор}$ возникающего в поле зрения препятствия, т. е. объекта различения, зависит от скорости движения транспорта и яркости дорожного покрытия по направлению линии зрения водителя. С ростом скорости движения v увеличивается расстояние, с которого водитель должен различить препятствие, что влечет за собой уменьшение его фактического углового размера и соответственно увеличение $K_{пор}$. При увеличении яркости дорожного покрытия $K_{пор}$ уменьшается. $K_{пор(0,5)}$ определяется уравнением В. В. Мешкова [см. (2.1)] и пересчитывается для вероятности обнаружения $p = 0{,}99$ с учетом ограничения времени Δt обнаружения препятствия $K_{пор}$ (Δt). Используя полученные экспериментально значения $K_{кр}$ [11], а также расчетные значения $K_{пор}$ (Δt) при $p = 0{,}99$, можно определить уровень критической видимости $V_{кр}$*:

$$V_{кр} = K_{кр} / K_{пор(\Delta t)}. \qquad (8.16)$$

Основным условием безопасности движения на улицах всех категорий является обеспечение одинаковых условий видения при различных скоростях и интенсивности движения механизированного транспорта. На основании этого условия и результатов вышеуказанных и предыдущих исследований было установлено, что фактическая видимость

$$V_{факт} = K_{факт} / K_{пор(\Delta t)}. \qquad (8.17)$$

Располагая зависимостью $v_{кр} = f(L, v)$, можно определить требуемые значения яркости дорожного покрытия, отождествляемые с яркостью адаптации для улиц различных категорий с различными интенсивностью и скоростью движения механизированного транспорта.

Наряду с яркостью поля адаптации на работоспособность зрительного аппарата большое влияние оказывают слепящее действие находящихся в поле зрения блеских источников и равномерность распределения яркости как в центральной (дорожное покрытие), так и периферической (тротуары, фасады зданий и др.) части поля зрения. Наличие блеских источников и ухудшение равномерности распределения яркости обусловливают, как известно, увеличение $K_{пор}$. Поэтому в реальных условиях

$$V_{факт} = \frac{K_{факт}}{K_{пор(\Delta t)}\, f(S, \gamma)}, \qquad (8.18)$$

где $f(S, \gamma)$ — функция, зависящая от коэффициента ослепленности S (2.4) и коэффициента γ, учитывающего увеличение пороговой разности яркости за счет неравномерности распределения яркости дорожного покрытия.

Коэффициент ослепленности в установках наружного освещения

$$S = 1 + C_\lambda C_L \frac{0{,}57\beta_\Sigma}{K_з L}, \qquad (8.19)$$

где C_λ — коэффициент неэквивалентности, равный 1 для ламп накаливания; 1,3 для ЛЛ и ДРЛ; 1,1 для МГЛ и 0,9 для НЛВД; C_L — коэффициент, зависящий от яркости фона; $K_з$ — коэффициент запаса; L — средняя яркость дорожного покрытия, кд/м²; β_Σ — сум-

* По своему определению $V_{кр}$ отличается от общепринятого понятия видимости (см. разд. 2).

марная яркость вуалирующей пелены (от всех рядов светильников), кд/м².

Допустимое значение P в уличных ОУ определяется из следующих соображений. С физиологической точки зрения увеличение показателя ослепленности нежелательно, так как это будет сопровождаться ухудшением видимости. В этом случае оптимальной является ОУ, для которой $P=0$, что достигается применением светильников резко ограниченного светораспределения. Однако такая установка экономически невыгодна, так как для создания необходимой яркости покрытии придется устанавливать СП с очень малым шагом, что приведет к значительному повышению установленной мощности. Для количественной регламентации слепящего действия был проведен анализ зависимости приведенных затрат $З_0$ от характера светораспределения

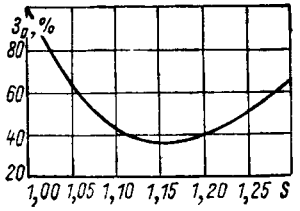


Рис 8.16. Относительные затраты на освещение $З_0$ в зависимости от коэффициента ослеплеиности S.

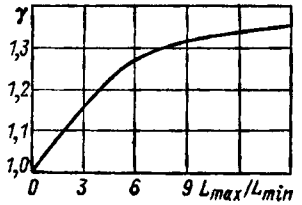


Рис. 8.17. Относительное снижение порогового контраста γ от отношения L_{max}/L_{min}.

светильников, определяющего то или иное значение S. Результаты этого анализа, усредиенные для различных схем и координат расположения СП, показаны в относительных единицах на рис. 8.16, из которого видно, что наиболее экономичная система освещения имеет место при $S=1{,}15$, что соответствует показателю ослеплеиности $P=150$.

Влияние неравномерности распределения яркости дорожного покрытия было установлено путем исследования видимости иа лабораториой экспериментальной установке при изменении отношения L_{max}/L_{min} от 1 до 15 и условии, что $(L_{max}+L_{min})/2=L_{ср}$. Результаты этих исследований показаны на рис. 8.17. При регламеитируемой неравномерности $L_{max}/L_{min}\leqslant 3{:}1$ [44] снижение функций зрения, оцениваемое коэффициентом γ, не превышает 10—15 %.

Таким образом, основным крнтерием нормирования количественных и качественных показателей для ОУ НО является видимость, определяемая критическим коитрастом. Непосредственная регламентация в нормах этого показателя нецелесообразна вследствие трудиости его расчета в проектиой практнке. Поэтому нормируемым параметром, определяющим однозначно уровень критической видимости, является *яркость дорожных покрытий*. Яркостные параметры основных усовершенствованиых дорожных покрытий (асфальт, бетои и т. д.) зависит от углов падения световых лучей, от состояния поверхности, степени ее влажности, времени эксплуатации и т. д. В связи с этим яркость покрытия связаиа с ее освещеиностью не прямой зависимостью, что не позволяет проводить нормнрование по освещенности, принятое в других видах освещения. Однако в случае простейших покрытий (грунтовые дороги, щебень и т. д.), имеющих диффузное отраженне, может быть использован метод нормирования по освещенности. Все указанные положения были использованы при разработке раздела «Наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов» [44].

8.2.5. КРИТЕРИИ НОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Вследствие непостоянства естественного освещения в течение дня и в различное время года количественная оценка этого вида освещения проводится по относительной величине — коэффициенту естественной освещенности (КЕО), который равен отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке помещения светом неба (непосредственно или после отражений), к одновременному значению наружиой горизонтальной освещенности, создаваемой полностью открытым небосводом. Обычно КЕО выражается в процентах.

При разработке норм естественного освещения в качестве критерия нормирования принимается видимость. Уровень видимости для работ различной точности для промышленных ОУ принимается по значению этой велнчины для работ соответствующей точности при искусственном освещении.

Распределение естественного освещения во времени и пространстве производственного помещения зависит от применяемой системы естественного освещения — фонарями верхнего света или боковыми светопроемами (см. разд. 18). При освещении помещений боковыми светопроемами принято регламентировать минимальное значение КЕО, а при освещении фонарями верхнего света — среднее значение КЕО с ограничением неравномерности распределения КЕО по помещению [44]. Средние значения КЕО при верхнем свете выбраны таким образом, что с учетом регламентируемой неравномерности ($КЕО_{ср}/КЕО_{min}$) минимальное значение КЕО при верхнем и боковом освещении практически одинаковы при одной и той же точности зрительных задач. Это позволяет сравнивать видимость при естественном освещении по минимальным значениям КЕО и освещенности.

В силу специфики устройства естественного освещения, которое рассчитывается по помещению в целом, т. е. без учета характеристнк объектов различения на отдельных рабочих местах, дифференциацив по точиости работ проводнтся при естественном освещении только по размерам объектов различения, преобладающих в освещаемом помещенни. Естественное освещение следует рассматривать как общее освещение помещения и сравнивать с нормами для системы общего искусственного освещения.

Как видно из табл. 8.4 [44, табл. 1], КЕО нормируется для III пояса светового климата СССР и обозначается $e_н^{III}$. Среднегодовая наружная горизонтальная освещенность, для которой рассчитывается видимость при естественном освещении, принята при этом равной 17,3 клк.

Видимость при искусственном и естественном освещении рассчитывается по формуле (2.12). В расчете приинмаются средние значения размеров объектов различения по разряду работ (см. табл. 8.4), средний контраст объекта с фоном $K=0{,}35$ и среднее значение коэффициента отражения рабочей поверхиости 0,3. Приравнивая уровень видимости при естественном освещении той же величине при нскусственном освещении, для минимального значения нормируемой освещенности можно получить требуемое минимальное значение КЕО.

Проведеиные расчеты показали, что расхождение в уровнях видимости при естественном и нскусственном освещении не превышают 10 %. Нормированные значения КЕО зависят от светового климата места расположения проектируемых зданий и сооружений. В нормах они определены только для III светового пояса СССР; при расположении здания в I, II, IV и V поясах светового климата КЕО вычнсляется в соответствии с разд. 18.

В случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата места строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить в помещениях естественное освещение в соответствии с требованиями норм, используется совмещенное освещение (см. разд. 18). Нормированные значения КЕО при совмещенном освещении установлены из условий минимума приведенных суммарных затрат на естественное и искусственное освещение с учетом разряда зрительных работ, системы естественного освещения, светоактивности световых проемов, параметров ОУ искусственного освещения, расходов на отопление, вентиляцию и климатической зоны, в которой расположены здания или сооружения.

8.3. СТРУКТУРА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Общесоюзные нормы освещения являются частью (главой) Строительных Норм и Правил (СНиП), утверждаемых Госстроем СССР и согласовываемых с Минздравом СССР и ВЦСПС. Формально они распространяются на проектирование вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений. Однако на практике принято распространять их на действующие ОУ, выполненные по этим нормам. Поскольку в период введения новых норм всегда имеются ОУ, выполненные по ранее действовавшей нормативной документации и не исчерпавшие свой срок службы, неправомочно предъявлять к ним требования, вытекающие из новых норм. Это положение следует всегда учитывать при оценке действующих ОУ инспектирующими организациями.

Требования к освещению регламентируются СНиП, гл. II-4.79 «Естественное и искусственное освещение» [44], на их основе разрабатываются отраслевые нормы для разных отраслей промышленности, утверждаемые соответствующим министерством и согласовываемые с ЦК профсоюза отрасли, Минздравом СССР и Госстроем СССР. Глава II-4.79 содержит чисто нормативные материалы (регламентируемые значения нормируемых величин) и требования к устройству освещения и разбита на пять разделов:

общие положения; естественное освещение; совмещенное освещение; искусственное освещение; наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов; она включает также восемь приложений, содержание которых будет приводиться по мере изложения норм.

Общие положения содержат: указания об области применения норм, классификацию помещений на группы по условиям зрительной работы, шкалу нормируемых уровней освещенности, регламентируемые значения уровней освещенности и КЕО для зрительных работ различной точности при искусственном, естественном и совмещенном освещении для производственных помещений (табл. 8.4), регламентируемые минимальные уровни освещенности на плоскости, цилиндрической освещенности, показателя дискомфорта, коэффициента пульсации освещенности, КЕО для помещений общественных и жилых зданий (часть таблицы, содержащей эти показатели, представлена в табл. 8.5); регламентируемые значения коэффициента запаса для осветительных установок различного назначения при естественном и искусственном освещении. При проектировании ОУ следует учитывать требования к устройству установок ультрафиолетового облучения, сформулированные в [55]. По точности зрительной работы производственные помещения разделяются на восемь разрядов, из которых первые шесть (I—VI) характеризуются размерами объектов наблюдения, разряд VII регламентирует работы с самосветящими материалами, а разряд VIII относится к работам, связанным с общим наблюдением за ходом производственного процесса. Как видно из табл. 8.4, объекты наблюдения характеризуются линейными размерами (в долях миллиметра), хотя известно, что глаз реагирует на угловые размеры рассматриваемых предметов. В большинстве случаев в производственных условиях расстояние до объекта наблюдения не превышает 0,35—0,5 м. Можно считать с достаточной для практики точностью, что для этих условий в пределах до 50′ каждая 0,1 мм размера объекта наблюдения соответствует 1′ его углового размера. При увеличении расстояния наблюдения выше указанных значений разряд работ определяется по отношению размера объекта к расстоянию его наблюдения, т. е. по его реальному угловому размеру в соответствии с приложением 2. В приложении 1 указаны основные термины.

Для ОУ искусственного освещения зрительные задачи подразделяются не только по точности (размер объекта различения), но и по сложности, которая в основном определяется контрастом объекта с фоном. Кроме того, известно, что глаз реагирует на яркость, а не на освещенность, которая устанавливается нормами. Поэтому каждый разряд норм (от I до V) разделен на подразряды «а, б, в, г», которые характеризуются сочетанием контраста объекта с фоном и коэффициента отражения последнего. Так, подразряд «а» характеризуется темным фоном и малым контрастом с ним объекта наблюдения, а подразряд «б» — либо малым контрастом при среднем фоне, либо средним контрастом при темном фоне и т. д. К табл. 1 в [44] имеются примечания, которые регламентируют допустимые пределы снижения уровня освещенности при использовании в ОУ ламп накаливания в зависимости от точности зрительной работы и системы освещения.

При одинаковой освещенности при системе общего освещения осветительные установки обладают большей энергоемкостью по сравнению с установками, выполненными системой комбинированного освещения, поэтому нормами установлены для системы общего освещения при той же точности работ более низкие уровни освещенности (см. табл. 8.4).

В приложении 3 приведены нормируемые уровни освещенности для общепромышленных производственных и вспомогательных помещений: гаражи, компрессорные и насосные станции, кабельные каналы, склады и т. п.

Нормируемые уровни освещенности на плоскости, цилиндрической освещенности и регламентированные значения качественных показателей и КЕО для помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий регламентируются отдельной таблицей, фрагмент которой приведен в табл. 8.5.

В приложении 4 приведена классификация светильников по их эксплуатационным характеристикам (см. § 5.3), в зависимости от которых регламентируется значение коэффициента запаса ОУ. Разделы норм, относящиеся к естественному и совмещенному освещению, см. § 18.3.

Раздел «Искусственное освещение» содержит общую часть, в которой дается определение видов и систем освещения, и четыре подраздела.

В первом подразделе «Освещение помещений производственных и складских зданий» приведены требования, учитывающие степень сложности зрительной работы, которая определяется как выполняемая практически в течение всего рабочего дня (браковка изделий, контрольные операции, работа на конвейере и т. п.) и требует повышения уровня нормируемой освещенности.

Таблица 8.4. Нормируемые значения освещенности (в точке ее минимального значения) и КЕО для производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение: Освещенность, лк: при комбинированном освещении	Искусственное освещение: Освещенность, лк: при общем освещении	Естественное освещение: КЕО, $e_и^{III}$, %*: при верхнем или верхнем и боковом освещении	Естественное освещение: КЕО, $e_и^{III}$, %*: при боковом освещении: в зоне с устойчивым снежным покровом	Естественное освещение: КЕО, $e_и^{III}$, %*: при боковом освещении: на остальной территории СССР	Совмещенное освещение: КЕО, $e_и^{III}$, %*: при верхнем или верхнем и боковом освещении	Совмещенное освещение: КЕО, $e_и^{III}$, %*: при боковом освещении: в зоне с устойчивым снежным покровом	Совмещенное освещение: КЕО, $e_и^{III}$, %*: при боковом освещении: на остальной территории СССР
Наивысшей точности	<0,15	I	а	Малый	Темный	5000	1500	10	2,8	3,5	6	1,7	2
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000	1250						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500	750						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1500	400						
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	Малый	Темный	4000	1250	7	2	2,5	4,2	1,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000	750						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000	500						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1000	300						
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	2000	500	5	1,6	2	3	1	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000	300						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750	300						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400	200						
Средней точности	От 0,5 до 1	IV	а	Малый	Темный	750	300	4	1,2	1,5	2,4	0,7	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	300	150						
Малой точности	От 1 до 5	V	а	Малый	Темный	300	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	200	150						
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	150						
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	—	100						

Продолжение табл. 8.4

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		Естественное освещение			Совмещенное освещение		
						Освещенность, лк		КЕО, $e_н^{III}$, %*			КЕО, $e_н^{III}$, %*		
						при комбинированном освещении	при общем освещении	при верхнем или верхнем и боковом освещении	при боковом освещении		при верхнем или верхнем и боковом освещении	при боковом освещении	
									в зоне с устойчивым снежным покровом	на остальной территории СССР		в зоне с устойчивым снежным покровом	на остальной территории СССР
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	—	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	—	—	150	2	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3
Работа со светящими материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	—	То же	—	—	200	3	0,8	1	1,8	0,5	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:													
постоянное	—	VIII	а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	—	—	75	1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,2
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном	—	—	50	0,7	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2
То же при периодическом пребывании людей в помещении		VIII	в	То же	—	—	30	0,5	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1

* $e_н^{III}$ — нормируемое значение КЕО для III пояса светового климата СССР (см. п. 8.2.5 и разд. 18).

В некоторых помещениях, где работают подростки, имеется повышенная опасность травматизма, либо предъявляются особые санитарные требования, также повышается уровень нормируемой освещенности. В подразделе сформулированы требования к уровню освещенности для общего освещения в системе комбинированного освещения в производственных помещениях с естественным светом, выполненным по нормам, при наличии в них совмещенного освещения и без естественного света. Если на строительных чертежах не приведены уровни КЕО, то его значение может быть определено по графикам, приведенным в разд. 18.

В подразделе регламентированы также качественные показатели промышленных ОУ: показатели ослепленности, коэффициент пульсации освещенности и неравномерность распределения освещенности по рабочим поверхностям в производственных помещениях.

Показатель ослепленности в [44] регламентируется в пределах $P=20\div60$ в зависимости от точности зрительных работ. Существует инженерный метод проверки ОУ на ее соответствие требованиям норм по ограничению ослепленности по размещению светильников в пространстве освещаемого помещения (см. § 9.10).

Коэффициент пульсации освещенности устанавливается нормами в пределах $K_п=10\div20$, а при отсутствии в помещении условий для возникновения стробоскопического эффекта допускается при грубых работах повышать его значение до 30. Инженерный метод расчета коэффициента пульсации приведен в § 9.8.

Показатель неравномерности E_{max}/E_{min} регламентирован нормами в пределах 1,5—3,0 в зависимости от точности работ и вида светильника (круглосимметричный или протяженный).

Подраздел второй «Освещение помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий» содержит требования к показателю дискомфорта, цилиндрической освещенности, а также регламентацию освещенности для освещения рельефных объектов архитектурно-художественного оформления интерьеров — скульптур, барельефов и т. п.

Подраздел третий «Места производства работ вне зданий и площадки промышленных предприятий» регламентируют количественные требования к освещаемым территориям промышленных предприятий и к освещению наружных работ. Меры по ограничению слепящего действия приведены в виде регламентации вы-

Таблица 8.5. **Нормируемые значения количественных и качественных показателей для помещений общественных и жилых зданий для общего освещения**

Помещения	Плоскость (Г—горизонтальная, В—вертикальная) нормирования освещенности и КЕО, высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение				Естественное освещение		
						КЕО, $e_н^{III}$, %		
		Освещенность рабочих поверхностей, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации освещенности, %, не более	при верхнем или верхнем и боковом освещении	при боковом освещении	
							в зоне с устойчивым снежным покровом	на остальной территории СССР
Здания управления, конструкторских и проектных организаций, научно-исследовательских учреждений								
кабинеты и рабочие комнаты, проектные кабинеты	Г—0,8	300*		40	15	—	0,8	1
проектные залы и комнаты, конструкторские, чертежные бюро	Г—0,8	500*	—	40	10	5	1,6	2
машинописные и машиносчетные бюро	То же	400*	—	40	10	4	1,2	1,5
читальные залы	» »	300*	100	40	15	3	0,8	1
помещения записи и регистрации читателей	» »	300*	—	40	15	2	0,4	0,5
читательские каталоги	В—фронт карточек	150	—	40	15	2	0,4	0,5
лингафонные кабинеты	Г—0,8	200	—	60	15	—	—	—
помещение тематических выставок новых поступлений книг	Г—0,8	200	75	60	—	—	—	—
книгохранилища и архивы, помещения фонда открытого доступа	В—1,0 (на стеллажах)	75	—	60	—	—	—	—

* Для местного освещения следует предусматривать штепсельные розетки.

сот подвеса светильников. Для прожекторов слепящее действие зависит от отношения осевой силы света к квадрату высоты установки этих приборов в зависимости от освещенности рабочих мест.

В четвертом подразделе «Аварийное, эвакуационное и охранное освещение» сформулированы условия, при которых требуется устройство этих видов освещения, указаны ИС, используемые для них и обеспечивающие их быстрое перезажигание при аварийном отключении напряжения, а также приведены регламентируемые уровни освещенности. Требования к питанию всех указанных видов освещения приведены в [44, 45].

К разделу «Искусственное освещение» имеются еще три приложения. В приложении 6 даются рекомендации по выбору ИС в зависимости от их цветовой температуры, индекса цветопередачи и требований в зрительной работе к цветоразличению, а также уровней освещенности в помещениях промышленных, жилых и общественных зданий.

В приложении 7 приведены способы снижения отраженной блескости.

В приложении 8 сформулированы требования и нормы по освещению памятников, монументов и фасадов зданий в зависимости от материала, из которого они изготовлены, и категории улицы, на фоне которых они рассматриваются.

О разд. 5 норм «Наружное освещение» см. в разд. 16 справочника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

8.1. **Самсонова В. Г.** Зависимость времени различения от угловых размеров центрального поля зрения, его яркости и отношения яркостей центрального и периферического полей зрения. — В кн.: Проблемы физиологической оптики, т. II.—М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1944, с. 54—71.

8.2. **Moon P., Spenser D** The visual effect of non-uniform surrounds. — Journ. Optical Society of America, 1945, № 3, p. 233—248.

8.3. **Кроль Ц. И., Тищенко Г. А.** Распределение яркости в поле зрения и зрительная работоспособность. — Светотехника, 1964, № 10, с. 1—7.

8.4. **Каинсон И. Я., Мясоедова Е. И.** Определение показателя неравномерности. — Светотехника, 1977, № 2, с. 10—12.

8.5. **Епанешников М. М.** Определение показателя дискомфорта при совместном действии блеских источников. — Светотехника, 1963, № 8, с. 1—6.

8.6. **Ильянок В. А., Самсонова В. Г.** Влияние пульсирующих источников света на электрическую активность мозга человека. — Светотехника, 1963, № 5, с. 1—5.

8.7. **Кроль Ц. И.** К вопросу ограничения колебаний светового потока в промышленных осветительных установках. — Светотехника, 1963, № 6, с. 7—13.

8.8. **Масекене К. С.** Исследование работоспособности в условиях промышленной осветительной установки на повышенной частоте. — Светотехника, 1968, № 8, с. 5—7.

8.9. **Свиридов Ю. И.** — Расчет коэффициента пульсации в осветительных установках с газоразрядными источниками света. — Светотехника, 1967, № 6, с. 10—15.

8.10. **Беляева Н. М.** Требования к цветности и спектру излучения источников света, используемых для освещении промышленных и гражданских зданий. — Светотехника, 1978, № 7, с. 7—10.

8.11. **Епанешников М. М., Перова Н. С., Уидасынов Г. Н.** Выбор типа люминесцентных ламп для освещения административных зданий. — Светотехника, 1975, № 10, с. 4—6.

8.12. **СНиП**, гл. II-А.9.71. «Искусственное освещение. Нормы проектирования». — М.: Стройиздат, 1972.

8.13 **Blackwell H.** Contrast thresholds of the human eye. — Journ. Optical Society of America, 1946, № 10.

8.14. **Кроль Ц. И., Мешков В. В.** Принципы нормирования освещения по видимости. — Светотехника, 1965, № 12, с. 1—5.

8.15. **Дмитриевская Н. П., Зайчикова В. А., Затевкова Т. Г.** Освещение предприятий текстильной и швейной промышленности. — М.: Профиздат, 1962. — 286 с.

8.16. **Затевкова Т. Г.** Вопросы качества освещения в текстильной промышленности. — М.: Профиздат, 1954. — 64 с.

8.17. **Weston H.** The relation between illumination and visual efficiency, the effect of brightness contrast. — Med. Res. Council, London, 1945, № 87, p. 12—15.

8.18. **Untersuchung** über Leistung und Ermüdung des Menschen bei verschiedenen Lichtbedingungen. — Lichttechnik, 1966, Bd 8, № 7, s. 296—300.

8.19. **Варсанофьева Г. Д., Кроль Ц. И.** К вопросу о понятии отказа осветительной установки. — Светотехника, 1978, № 2, с. 1—5.

8.20. **Мясоедова Е. И.** Исследование влияния зрительного утомления на ослепленность.—Светотехника, 1969, № 1, с. 14—17.

8.21. **Чернявская Ф. М.** Освещение промышленных предприятий и его гигиеническое значение. — Л.: Медицина, 1971. — 288 с.

8.22. **Масекене К. С.** Зрительная работоспособность при питании ламп током повышенной частоты. — Светотехника, 1967, № 10, с. 11—14.

8.23. **Свиридов Ю. И.** — Стробоскопический эффект в условиях освещения газоразрядными источниками света. — Светотехника, 1969, № 8, с. 8—10.

8.24. **Киорринг Г. М.** О возможностях укрупнения источников света общего освещения. — Светотехника, 1969, № 7, с. 1—7.

8.25. **Епанешников М. М., Перова Н. С., Ундасынов Г. Н.** Выбор оптимального уровня освещенности для помещений административных зданий. — Светотехника, 1974, № 9, с. 12—14.

8.26. **Blackwell R. H.** Specification of interior illumination levels on the basis of performance data. — Ill. Eng., 1959, № 6, p. 318—353.

8.27. **Bodmann H. W.** Illumination levels and visual performance. — Intern. Light. Rev., 1962, vol. 13, № 2, p. 41—47.

8.28. **Simonson E., Brozek J** Effects of illumination level on visual performance and fatigue. — Journ. Optical Society of America, 1948, vol. 38, № 4, p. 383—397.

8.29. **Юров С. Г.** Некоторые вопросы метрики и методики экспертных субъективных оценок психоэстетических параметров световой среды. — Светотехника, 1974, № 9, с. 2—4.

8.30. **Новые нормы проектирования искусственного освещения (Проект).** — Светотехника, 1976, № 3, с. 2—21, 32.

8.31. **Епанешников М. М., Сидорова Т. Н.** Оценка насыщенности светом помещений общественных зданий. — Светотехника, 1965, № 1, с. 11—15.

8.32. **Епанешников М. М., Цзи Сяо-ян.** Дискомфортная яркость одиночного блеского источника.—Светотехника, 1963, № 4, с. 1—6.

8.33. **Епанешников М. М., Ундасынов Г. Н., Кхун П.** Исследование методов суммации дискомфорта. — Светотехника, 1965, № 6, с. 1—5.

8.34. **Епанешников М. М., Ундасынов Г. Н.** Расчет показателя дискомфорта от светящих линий и полос. — Светотехника, 1969, № 1, с. 27—30.

8.35. **Епанешников М. М., Ундасынов Г. Н.** Нормирование слепящего действия осветительных установок общественных зданий по дискомфорту. — Светотехника, 1965, № 3, с. 1—4.

8.36. **Котик Г. Г., Ундасынов Г. Н., Федюкина Г. В., Матвеев А. Б.** Принципы построения шкал дискомфорта. — Светотехника, 1979, № 9, с. 8—10.

8.37. **Епанешников М. М., Ундасынов Г. Н., Федюкина Г. В.** — Исследование влияния дискомфорта на утомление и производительность труда. — Светотехника, 1975, № 2, с. 10—12.

8.38. **Островский М. А.** Техника наружного освещения городов. — Итоги науки и техники. Сер. Светотехника и инфракрасная техника, 1973, т. 3, с. 1—147.

Раздел девятый

СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

9.1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТАМ

При светотехнических расчетах в зависимости от назначения установок и нормативных требований к ним (см. разд. 8) должны определяться значения освещенности в характерных точках на горизонтальной, вертикально или наклонно расположенных поверхностях ($E_г$, $E_в$, $E_{нк}$), среднее значение освещенности $E_{ср}$ или яркости L, а также должно контролироваться обеспечение качественных характеристик установок — цилиндрической освещенности $E_ц$, коэффициента пульсации $K_п$, показателя ослепленности P или показателя дискомфорта M.

Вычисление значений указанных величин производится, если это необходимо, с учетом многократных отражений света.

Светотехническая часть расчетов ОУ в главной мере предопределяет технико-экономическую эффективность проектируемых установок, и ее целевой задачей являются такие выбор и размещение СП, при которых достижение нормируемых количественных и качественных параметров было бы обеспечено при минимальных затратах на сооружение и эксплуатацию установок. Расчетам должен предшествовать подготовительный этап, заканчивающийся выбором способа расчета. Главным критерием выбора является оценка возможности получения информации о показателях сопоставляемых вариантов светотехнических решений при наименьших трудозатратах. Когда в таком сравнении нет необходимости и когда повышение точности расчетов, достигаемое за счет выбора способа, не гарантирует ее фактического увеличения, выбор определяется доступностью способа, его простотой и навыками расчетчика.

9.1.1. ПЕРЕЧЕНЬ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

А. Определение нормируемых характеристик и параметров установок

1. Установление нормируемых количественных и качественных параметров E, $K_п$, P и M для рассчитываемой установки.

2. Анализ габаритно-планировочных параметров объектов расчета с выявлением расположения рабочих поверхностей и точек пространства, для которых соответственно приняты нормативы.

3. Выявление объектов, могущих оказывать затеняющее действие на освещаемые поверхности.

4. Анализ оптических характеристик ограждающих поверхностей.

5. Выявление направленно отражающих поверхностей для соблюдения мер ограничения отражениой блескости.

6. Установление временного режима электрического освещения как фактора, влияющего на выбор источника света.

7. Определение требований к спектральным характеристикам источников света.

Б. Оценка действия многократных отражений

1. Определение коэффициентов отражения отражающих поверхностей с приближенной оценкой их роли в перераспределении светового потока ОП.

2. Выявление отражающих характеристик локально расположенных у рабочих мест поверхностей и оценка их возможной роли в полезном перераспределении светового потока ОП местного или локализованного освещения.

3. Оценка влияния оконных проемов или других мало отражающих свет поверхностей на перераспределение светового потока ОП.

В. Оценка потерь светового потока

1. Установление категорийности среды в зоне возможного размещения ОП и в пространстве полезного распространения их светового потока.

2. Определение допустимых для применения в данной установке ОП в соответствии с их классификационными характеристиками.

3. Определение расчетного значения коэффициента запаса.

4. Определение температуры окружающей среды вблизи возможного расположения ОП для уточнения ожидаемого изменения номинальных параметров светового потока газоразрядных источников света.

Г. Выбор схемы размещения осветительных приборов и способов полного расчета

1. Оценка возможности подбора типовых решений и аналогов.

2. Выбор типа источников света.

3. При необходимости нетипового расположения ОП — приближенная оценка необходимой мощности и числа ламп методом коэффициента использования (для общего освещения) или баланса прямых потоков (для локализованного освещения).

4. Подбор вариантов для их последующего сравнения.

5. Выбор способа расчета и подбор вспомогательных расчетных материалов.

9.1.2. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ И КАЧЕСТВО РАСЧЕТОВ

А. Независимые от способа расчета

1. Отклонения светотехнических характеристик источников света от номинальных (допуск до $\pm 20\ \%$).

2. Отклонение значений КПД ОП и их КСС от каталожных (паспортных) данных.

3. Недостаточность в каталогах представления фотометрических характеристик ОП для правильной интерполяции значений сил света и зональных потоков.

4. Приближенность (условность) данных об оптических характеристиках поверхностей, влияющих на результаты расчета.

5. Неточность учета расположения расчетной поверхности (рабочих мест).

6. Неточность геометрических и оптических характеристик затеняющих объектов.

7. Колебания электрических параметров сети.

8. Неточность данных о характеристиках поглощающей среды, через которую распространяется свет.

9. Степень точности принимаемого для расчетов значения коэффициента запаса $K_з$.

Б. Зависимые от способа расчета

1. Степень точности используемых методов интерполяции.

2. Степень точности представления КСС ОП при их аппроксимации формулой.

3. Размер шага в графиках, номограммах и таблицах, используемых в расчетах, и принятая точность при их составлении.

4. Полнота учитываемых способом факторов.

5. Учитываемая разрядность числовых значений.

6. Минимизация неравномерности распределения освещенности в пределах зон константности их нормируемого значения.

7. Степень точности определения угловых параметров, учитываемых в расчетах.

Все методы и способы светотехнических расчетов, основанные на лучевом представлении процесса распространения света, используют в своей осиове векторное описание сил света излучателей.

В тех случаях, когда размеры светящей поверхности ОП не превышают 0,2 расстояния до освещаемой точки, этот ОП может представляться точечным излучателем и характеризоваться КСС.

Если одни из линейных размеров излучателя превышает указанное значение, излучатель рассматривается как светящая линия, каждый элемент которой описывается своими КСС в продольной и поперечной плоскостях. Когда размеры светящей поверхности соизмеримы с расстоянием до расчетной точки, эта поверхность характеризуется пространственным распределением излучения в каждой своей точке.

Когда необходимо рассчитывать освещеиность в точке поверхности, применяется точечный метод, суть которого сводится к вычислению суммарной освещенности, определяемой значениями сил света всех точечных излучателей, освещающих эту точку.

Существование многочисленных способов расчетов точечным методом до последнего времени предопределялось отсутствием возможностей представления сложных КСС аналитическими выражениями. Представление этих характеристик таблицами или графиками диктовало выполнение всех остальных расчетов с помощью этих и дополнительных таблично-графических вспомогательных материалов и использования грубых методов интерполяции. Трудоемкость процедуры ручных расчетов ограничивала количество и объем расчетов, позволяющих сравнить различные варианты ОУ по многим параметрам. Расширяющееся использование ЭВМ в практике светотехнических расчетов позволяет перейти к использованию аналитического представления КСС любой сложности, в том числе для случаев светящих линий и поверхностей с различным светораспределением их элементарных участков, и, таким образом, к выполнению светотехнических расчетов только аналитическими методами. Такой подход открывает путь к решению светотехнических задач современными вычислительными методами.

С этой целью в данном разделе наряду с основными традиционными методами [1, 2, 3] приводится универсальный аналитический способ расчетов по точечному методу [4, 5], основанный на использовании интерполяциониых формул в виде тригонометрических полиномов.

В этом случае для представления КСС достаточно иметь информацию о зиачении одинакового числа коэффициентов этих полиномов для каждой группы СП, характеризуемых одинаковыми принципами светораспределения. Дальнейшие расчеты можно производить, используя микрокалькуляторы.

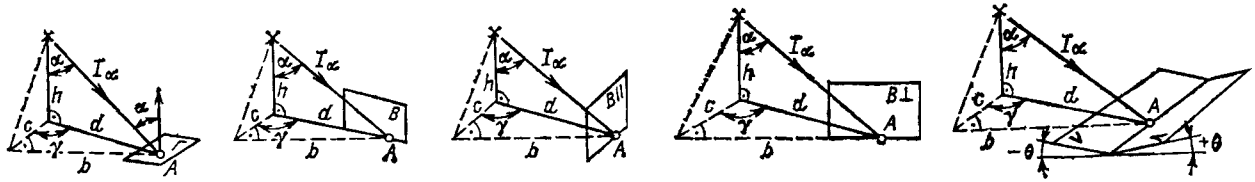
Представленные материалы для выполнения расчетов по методу коэффициента использования (баланса световых потоков) ограничиваются таблицами коэффициентов использования, рассчитанными для КСС по расширенной классификации.

Такое ограничение учитывает, что этот метод является наименее точным при расчетах систем общего освещения помещений.

Переход к расчетам зонального распределения потоков и учета многократных отражений на базе аналитического описания КСС ОП позволяет получать в необходимом случае более точные результаты расчетов.

В данном разделе приведены как ранее известные в отечественной литературе, так и новые материалы, касающиеся часто встречающихся случаев светотехнических расчетов. В наиболее полном изложении методика светотехнических расчетов содержится в [13].

Таблица 9.1. Схемы и формулы для расчета освещенности, создаваемой точечным круглосимметричным излучателем общественных и жилых зданий для общего освещения



$$E_{\vartheta} = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2} \qquad E_{b} = \frac{I_\alpha \cos^2\alpha \sin\alpha}{h^2} \qquad E_{b\parallel} = \frac{I_\alpha \cos^2\alpha \sin\alpha \sin\gamma}{h^2}$$

$$E_{b\perp} = \frac{I_\alpha \cos^2\alpha \sin\alpha \cos\gamma}{h^2} \qquad E_{\triangleleft} = \frac{I_\alpha \cos^3\alpha}{h^2} \times \left(\cos\theta \pm \frac{d}{h}\sin\theta\right)$$

Функция $\cos\theta \pm \frac{d}{h}\sin\theta = \psi$ может быть найдена по рис. 9.1

9.2. ОСВЕЩЕННОСТЬ ТОЧЕК ПОВЕРХНОСТИ. ТОЧЕЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА

Расчет освещения в точке горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскости точечным методом связан с определением светового потока, падающего от излучателей любой формы на элементарную площадку dA, содержащую расчетную точку.

Все многообразие форм излучателей по процессу формирования освещенности в точке подразделяется на: точечные — от каждого из которых в расчетную точку может упасть только один луч; линейные — в эту точку может сходиться множество лучей, лежащих в одной плоскости, и поверхностные — когда в ту же точку может сходиться множество лучей, образующих телесный угол, приближающийся в пределе к значению 2π.

Если излучатели точечные и известны их КСС, вычисление освещенностей в расчетной точке сводится к учету вклада в освещенность каждого излучателя, характеризуемого силой света и направлением. (Поэтому данный метод иногда называют методом сил света.)

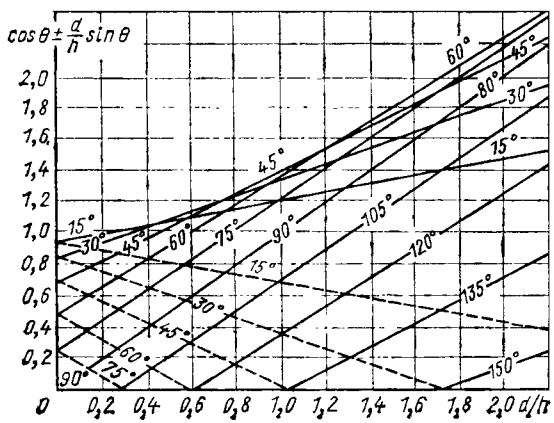


Рис. 9.1. График для определения $\cos\theta \pm \frac{d}{h}\sin\theta$ (пунктирными линиями пользоваться при $\theta > \frac{\pi}{2} + \alpha$).

9.2.1. КРУГЛОСИММЕТРИЧНЫЕ ТОЧЕЧНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ

В случае точечного круглосимметричного излучателя освещенность в расчетной точке выражается законом квадратов расстояний.

$$E = \frac{I_\alpha \cos\alpha}{r^2}. \qquad (9.1)$$

Для расчетов в задачах, отличающихся взаимным расположением поверхности с расчетной точкой и ОП, используются различные виды этой формулы, сводка которых [6] с поясняющими обозначения схемами приведена в табл. 9.1.

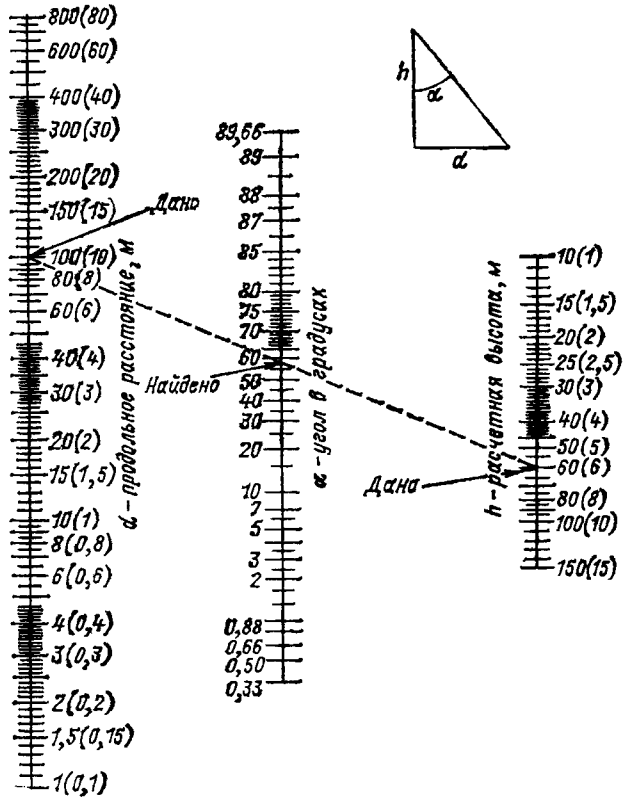


Рис. 9.2. Номограмма для определения угла α в зависимости от h и d.

Таблица 9.2. Угол α и горизонтальная освещенность, лк, для силы света источника 100 и 100 000 кд, горизонтальное расстояние d от ОП света, м

d, м / h, м	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20	22	24	26	28	30	35	40	50
	При I = 100 кд																										
2	0°0′	27°	45°	56°	63°	68°	71°	74°	76°	78°	79°	80°	81°	81°	82°	82°	83°	84°	84°	85°	86°	86°	86°	87°	87°	87°	
	25,000	17,850	8,850	4,275	2,245	1,298	0,802	0,528	0,355	0,255	0,190	0,142	0,113	0,090	0,070	0,058	0,048	0,038	0,025	0,020	0,015	0,013	0,008	0,007	0,004	0,000	0,000
3	0°0′	18°	34°	45°	53°	59°	63°	67°	69°	72°	73°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	81°	81°	82°	83°	83°	84°	84°	85°	86°	87°
	11,11	9,500	6,400	3,933	2,400	1,522	1,000	0,680	0,477	0,356	0,264	0,205	0,161	0,126	0,100	0,84	0,070	0,050	0,036	0,027	0,021	0,016	0,012	0,011	0,007	0,004	0,002
4	0°0′	14°	27°	37°	45°	51°	56°	60°	63°	66°	68°	70°	72°	73°	74°	75°	76°	78°	79°	80°	81°	81°	82°	82°	84°	84°	86°
	6,250	5,707	4,472	3,200	2,210	1,524	1,066	0,764	0,559	0,419	0,320	0,249	0,198	0,159	0,130	0,107	0,090	0,064	0,047	0,037	0,028	0,022	0,018	0,015	0,009	0,006	0,003
5	0°0′	11°	22°	31°	39°	45°	50°	54°	58°	61°	63°	66°	67°	69°	70°	72°	73°	74°	76°	77°	78°	79°	80°	81°	82°	81°	84°
	4,000	3,771	3,202	2,522	1,904	1,414	1,050	0,785	0,595	0,458	0,358	0,283	0,228	0,185	0,152	0,126	0,106	0,077	0,057	0,044	0,34	0,027	0,022	0,017	0,010	0,008	0,004
6	0°0′	9°	18°	27°	34°	40°	45°	49°	53°	56°	59°	61°	63°	66°	67°	68°	69°	71°	73°	75°	76°	77°	78°	79°	80°	81°	83°
	2,778	2,673	2,372	1,987	1,600	1,260	0,982	0,766	0,600	0,474	0,378	0,305	0,249	0,205	0,170	0,142	0,120	0,088	0,066	0,051	0,040	0,032	0,026	0,021	0,013	0,009	0,005
7	0°0′	8°	16°	23°	30°	36°	41°	45°	49°	52°	55°	58°	60°	62°	63°	65°	66°	69°	71°	72°	74°	75°	76°	77°	79°	80°	82°
	2,041	1,980	1,814	1,585	1,336	1,100	0,893	0,722	0,583	0,473	0,385	0,316	0,261	0,218	0,183	0,154	0,131	0,097	0,074	0,057	0,045	0,036	0,029	0,024	0,016	0,010	0,006
8	0°0′	7°	14°	21°	27°	32°	37°	41°	45°	48°	51°	54°	56°	58°	60°	62°	63°	66°	68°	70°	72°	73°	74°	75°	77°	79°	81°
	1,563	1,527	1,427	1,283	1,118	0,958	0,800	0,672	0,552	0,458	0,381	0,318	0,267	0,225	0,191	0,163	0,140	0,105	0,080	0,063	0,050	0,040	0,032	0,026	0,018	0,012	0,007
9	0°0′	6°	13°	18°	24°	29°	34°	38°	42°	45°	48°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	63°	66°	68°	69°	71°	72°	73°	76°	77°	80°
	1,235	1,212	1,148	1,054	0,943	0,825	0,711	0,697	0,515	0,437	0,370	0,314	0,267	0,228	0,196	0,168	0,146	0,110	0,085	0,067	0,053	0,043	0,035	0,029	0,019	0,013	0,008
10	0°0′	5°43′	11°	17°	22°	27°	31°	35°	39°	42°	45°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	61°	63°	66°	67°	69°	70°	72°	74°	76°	79°
	1,000	0,985	0,943	0,879	0,801	0,716	0,631	0,550	0,476	0,411	0,354	0,305	0,263	0,227	0,196	0,171	0,149	0,115	0,039	0,071	0,057	0,046	0,038	0,032	0,021	0,014	0,008
11	0°0′	5°12′	10°	15°	20°	24°	29°	32°	36°	39°	42°	45°	48°	50°	52°	54°	56°	59°	61°	63°	65°	67°	69°	70°	73°	75°	78°
	0,826	0,816	0,787	0,742	0,686	0,623	0,559	0,496	0,437	0,383	0,335	0,292	0,255	0,223	0,195	0,171	0,150	0,117	0,092	0,074	0,060	0,049	0,040	0,034	0,023	0,015	0,009
12	0°0′	4°46′	9°	14°	18°	23°	27°	30°	34′	37°	40°	43°	45°	47°	49°	51°	53°	56°	59°	61°	63°	65°	67°	68°	71°	73°	77°
	0,694	0,687	0,668	0,634	0,593	0,546	0,497	0,448	0,400	0,356	0,315	0,278	0,246	0,217	0,191	0,169	0,150	0,119	0,094	0,076	0,065	0,051	0,043	0,036	0,024	0,017	0,009
13	0°0′	4°24′	9°	13°	17°	21°	25°	28°	32°	35°	38°	40°	43°	45°	47°	49°	51°	54°	57°	59°	62°	63°	65°	67°	70°	72°	76°
	0,592	0,587	0,571	0,547	0,517	0,481	0,447	0,404	0,366	0,329	0,295	0,263	0,235	0,209	0,187	0,166	0,148	0,119	0,096	0,078	0,064	0,053	0,044	0,037	0,025	0,017	0,010
14	0°0′	4°5′	8°	12°	16°	20°	23°	27°	30°	33°	36°	38°	41°	43°	45°	47°	49°	52°	55°	58°	60°	62°	63°	65°	68°	71°	75°
	0,510	0,506	0,495	0,477	0,454	0,426	0,396	0,365	0,334	0,304	0,275	0,248	0,223	0,201	0,180	0,162	0,146	0,118	0,096	0,079	0,065	0,054	0,046	0,039	0,026	0,018	0,011
15	0°0′	3°49′	8°	11°	15°	18°	22°	25°	28°	31°	34°	36°	39°	41°	43°	45°	47°	50°	53°	56°	58°	60°	62°	63°	67°	69°	73°
	0,444	0,442	0,433	0,419	0,401	0,380	0,366	0,331	0,305	0,280	0,256	0,233	0,212	0,192	0,174	0,157	0,142	0,117	0,096	0,079	0,066	0,055	0,047	0,040	0,027	0,019	0,011
16	0°0′	3°35′	7°	11°	14°	17°	21°	24°	27°	29°	32°	35°	37°	39°	41°	43°	45°	48°	51°	54°	56°	58°	60°	62°	66°	68°	72°
	0,391	0,388	0,382	0,371	0,357	0,339	0,321	0,300	0,280	0,259	0,238	0,219	0,200	0,183	0,167	0,152	0,138	0,115	0,095	0,080	0,067	0,056	0,048	0,041	0,028	0,020	0,012
17	0°0′	3°22′	7°	10°	13°	16°	19°	22°	25°	28°	30°	33°	35°	37°	39°	41°	43°	47°	50°	52°	55°	57°	59°	60°	64°	67°	71°
	0,345	0,344	0,339	0,331	0,319	0,306	0,290	0,274	0,256	0,239	0,222	0,205	0,189	0,174	0,159	0,146	0,134	0,112	0,094	0,079	0,069	0,057	0,048	0,042	0,029	0,021	0,012
18	0°0′	3°11′	6°	9°	13°	16°	18°	21°	24°	27°	29°	31°	34°	36°	38°	40°	42°	45°	48°	51°	53°	55°	57°	59°	63°	66°	70°
	0,309	0,307	0,303	0,297	0,287	0,276	0,264	0,250	0,236	0,221	0,206	0,192	0,178	0,166	0,152	0,140	0,129	0,109	0,092	0,079	0,067	0,057	0,049	0,042	0,030	0,021	0,012
19	0°0′	3°1′	6°	9°	12°	15°	18°	20°	23°	25°	28°	30°	32°	34°	35°	38°	40°	43°	46°	49°	52°	54°	56°	58°	62°	65°	69°
	0,277	0,276	0,273	0,267	0,260	0,251	0,240	0,229	0,217	0,205	0,192	0,180	0,167	0,156	0,145	0,134	0,124	0,106	0,090	0,077	0,066	0,057	0,049	0,042	0,030	0,202	0,013
20	0°0′	2°51′	5°43′	9°	11°	14°	17°	19°	22°	24°	27°	29°	31°	33°	35°	37°	39°	42°	45°	48°	50°	52°	54°	56°	60°	63°	68°
	0,260	0,249	0,246	0,242	0,236	0,228	0,219	0,210	0,200	0,190	0,179	0,168	0,158	0,147	0,137	0,128	0,119	0,103	0,088	0,076	0,066	0,057	0,049	0,043	0,030	0,022	0,013
21	0°0′	2°44′	5°26′	8°	11°	13°	16°	18°	21°	23°	25°	28°	30°	32°	34°	36°	37°	41°	44°	46°	49°	51°	53°	55°	59°	62°	67°
	0,227	0,226	0,224	0,220	0,215	0,210	0,201	0,194	0,185	0,176	0,167	0,158	0,144	0,139	0,131	0,122	0,114	0,099	0,086	0,075	0,065	0,056	0,049	0,043	0,031	0,023	0,014
22	0°0′	2°36′	5°10′	8°	10°	13°	15°	18°	20°	22°	25°	27°	29°	31°	32°	34°	36°	39°	42°	45°	47°	50°	52°	54°	58°	61°	66°
	0,207	0,206	0,205	0,201	0,196	0,192	0,185	0,179	0,171	0,164	0,155	0,148	0,140	0,132	0,124	0,114	0,109	0,096	0,084	0,073	0,064	0,056	0,049	0,043	0,031	0,023	0,014
23	0°0′	2°29′	4°58′	7°	10°	12°	15°	17°	19°	21°	24°	26°	28°	29°	31°	33°	35°	38°	41°	44°	46°	49°	51°	53°	57°	60°	65°
	0,189	0,189	0,187	0,184	0,181	0,176	0,171	0,165	0,159	0,153	0,146	0,139	0,132	0,125	0,118	0,111	0,105	0,092	0,081	0,071	0,063	0,055	0,049	0,043	0,031	0,023	0,014
24	0°0′	2°23′	4°45′	7°	10°	12°	14°	16°	18°	21°	23°	25°	27°	28°	30°	32°	34°	37°	40°	43°	45°	47°	49°	51°	56°	59°	64°
	0,174	0,173	0,172	0,170	0,166	0,163	0,158	0,154	0,148	0,143	0,137	0,130	0,124	0,118	0,112	0,106	0,100	0,089	0,079	0,070	0,061	0,054	0,048	0,042	0,031	0,024	0,014
25	0°0′	2°17′	4°34′	7°	9°	11°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	27°	29°	31°	33°	36°	39°	41°	44°	46°	48°	50°	55°	58°	63°
	0,160	0,160	0,158	0,157	0,154	0,151	0,147	0,143	0,138	0,133	0,128	0,123	0,117	0,112	0,106	0,101	0,096	0,086	0,076	0,068	0,060	0,053	0,047	0,042	0,031	0,024	0,015
27	0°0′	2°7′	4°14′	6°	8°	10°	12°	15°	17°	18°	20°	22°	24°	26°	27°	29°	31°	34°	37°	39°	42°	44°	46°	48°	52°	56°	62°
	0,137	0,137	0,136	0,135	0,133	0,130	0,128	0,124	0,121	0,117	0,113	0,109	0,105	0,100	0,096	0,092	0,087	0,079	0,071	0,064	0,057	0,051	0,046	0,041	0,031	0,024	0,015
30	0°0′	1°54′	3°50′	5°43′	8°	9°	11°	13°	15°	17°	18°	20°	22°	23°	25°	27°	28°	31°	34°	36°	39°	41°	43°	45°	49°	53°	59°
	0,111	0,111	0,111	0,109	0,108	0,107	0,105	0,103	0,100	0,098	0,095	0,092	0,089	0,086	0,083	0,080	0,077	0,070	0,064	0,058	0,053	0,048	0,043	0,039	0,031	0,024	0,015
33	0°0′	1°44′	3°28′	5°12′	7°	9°	10°	12°	14°	15°	17°	18°	20°	22°	23°	24°	26°	29°	31°	34°	36°	38°	40°	42°	47°	50°	57°
	0,092	0,092	0,091	0,091	0,090	0,089	0,087	0,086	0,084	0,082	0,080	0,078	0,076	0,074	0,072	0,069	0,067	0,062	0,058	0,053	0,049	0,045	0,041	0,037	0,030	0,024	0,015
36	0°0′	1°36′	3°11′	4°46′	6°	8°	9°	11°	13°	14°	16°	17°	18°	20°	21°	23°	24°	27°	29°	31°	34°	36°	38°	40°	44°	48°	54°
	0,077	0,077	0,077	0,076	0,076	0,075	0,074	0,073	0,072	0,070	0,069	0,067	0,066	0,064	0,062	0,061	0,059	0,055	0,052	0,048	0,044	0,041	0,038	0,035	0,029	0,023	0,015
40	0°0′	1°26′	2°52′	4°17′	5°43′	7°	9°	10°	11°	13°	14°	15°	17°	18°	19°	21°	22°	24°	27°	29°	31°	33°	35°	37°	41°	45°	51°
	0,063	0,062	0,062	0,062	0,062	0,061	0,060	0,060	0,059	0,058	0,057	0,056	0,055	0,054	0,053	0,051	0,050	0,047	0,045	0,042	0,039	0,037	0,034	0,032	0,027	0,022	0,015
45	0°0′	1°16′	2°33′	3°49′	5°5′	6°	8°	9°	10°	11°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	32°	34°	38°	42°	48°
	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049	0,048	0,048	0,047	0,047	0,046	0,045	0,045	0,044	0,043	0,042	0,041	0,040	0,038	0,036	0,034	0,032	0,030	0,028	0,025	0,021	0,013
50	0°0′	1°9′	2°17′	3°26′	4°34′	5°43′	7°	8°	9°	10°	11°	12°	14°	15°	16°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	27°	29°	31°	35°	39°	45°
	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,039	0,039	0,039	0,039	0,038	0,038	0,037	0,037	0,036	0,036	0,035	0,035	0,033	0,032	0,031	0,029	0,028	0,027	0,025	0,022	0,019	0,013
55	0°0′	1°2′	2°5′	3°7′	4°10′	5°9′	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	16°	18°	20°	22°	24°	25°	27°	29°	33°	36°	42°
	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,031	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,020	0,018	0,013
60	0°0′	0°57′	1°55′	2°52′	3°50′	4°46′	5°43′	7°	8°	9°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	17°	18°	20°	22°	23°	25°	27°	30°	34°	40°
	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,022	0,021	0,021	0,020	0,018	0,016	0,013
70	0°0′	0°49′	1°38′	2°34′	3°16′	4°5′	4°54′	4°43′	7°	7°	8°	9°	10°	11°	11°	12°	13°	14°	16°	17°	19°	20°	22°	23°	27°	28°	36°
	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,016	0,016	0,015	0,013	0,011
	При I = 100 000 кд																										
80	0°0′	0°43′	1°26′	2°9′	2°52′	3°35′	4°17′	5°0′	5°43′	6°	7°	8°	9°	9°	10°	11°	11°	13°	14°	15°	17°	18°	19°	21°	24°	27°	32°
	15,63	15,62	15,61	15,59	15,57	15,53	15,49	15,45	15,39	15,35	15,27	15,19	15,09	15,04	14,93	14,82	14,75	14,49	14,27	14,03	13,71	13,44	13,16	12,79	12,02	11,14	9,531
100	0°0′	0°34′	1°9′	1°43′	2°17′	2°52′	3°26′	4°0′	4°34′	5°9′	5°43′	6°	7°	7°	8°	9°	9°	10°	11°	12°	14°	15°	16°	16°	19°	22°	27°
125	10,00	9,999	9,994	9,987	9,976	9,963	9,946	9,927	9,905	9,880	9,852	9,826	9,875	9,761	9,712	9,660	9,630	9,539	9,439	9,330	9,175	9,048	8,914	8,819	8,440	7,993	7,140
	0°0′	0°28′	0°55′	1°22′	1°50′	2°17′	2°45′	3°12′	3°40′	4°7′	4°34′	5°2′	5°29′	6°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	16°	18°	22°
150	6,400	6,399	6,398	6,395	6,390	6,385	6,378	6,370	6,361	6,351	6,339	6,326	6,313	6,297	6,286	6,262	6,250	6,209	6,163	6,113	6,059	6,001	5,938	5,872	5,708	5,521	5,120
	0°0′	0°23′	0°46′	1°9′	1°32′	1°55′	2°17′	2°40′	3°2′	3°26′	3°49′	4°11′	4°34′	4°57′	5°20′	5°43′	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	15°	19°	
175	4,444	4,444	4,443	4,442	4,440	4,437	4,434	4,430	4,421	4,416	4,415	4,409	4,402	4,395	4,387	4,379	4,370	4,349	4,324	4,309	4,280	4,249	4,216	4,195	4,102	4,008	3,813
	0°0′	0°20′	0°39′	0°59′	1°19′	1°38′	1°58′	2°17′	2°37′	2°57′	3°16′	3°36′	3°55′	4°15′	4°34′	4°54′	5°13′	6°	7°	7°	8°	8°	9°	10°	11°	13°	16°
200	3,265	3,265	3,265	3,264	3,263	3,261	3,260	3,258	3,255	3,252	3,249	3,246	3,242	3,238	3,234	3,230	3,225	3,213	3,199	3,191	3,174	3,164	3,145	3,124	3,076	3,024	2,899
	0°0′	0°17′	0°34′	0°52′	1°9′	1°26′	1°43′	2°0′	2°17′	2°35′	2°52′	3°9′	3°26′	3°43′	4°0′	4°17′	4°34′	5°9′	5°43′	6°	7°	7°	8°	9°	10°	11°	14°
	2,500	2,500	2,500	2,499	2,499	2,498	2,497	2,495	2,494	2,492	2,490	2,489	2,487	2,484	2,482	2,479	2,476	2,470	2,463	2,457	2,446	2,440	2,428	2,415	2,390	2,360	2,282

Примечание. По данной таблице может быть найден угол в любом прямоугольнике, соответствующий расположению α.

А. При расчетах по этим формулам параметры h и θ заданы: d, c и b — обмеряются по масштабному плану, а углы α и γ могут быть найдены на рис. 9.2. Значения I_α принимаются по характеристике светораспределения ОП, а значения тригонометрических функций — по табл. 9.3.

Для производственных помещений правильный учет положения освещаемой рабочей поверхности, выбор соответствующего наклона ОП и его характеристик светораспределения позволяют удовлетворять требованиям [44] о создании нормируемых уровней освещенности на рабочих поверхностях и их значительном снижении в других зонах.

Б. Вычисление параметров E_Γ и $E_в$ инженерными методами наиболее полно представлено в работах. Г. М. Кнорринга [13] и упрощается при использовании табл. 9.2 [9.4], в которой для заданных размеров не только указывается угол α, но и приводится значение условной освещенности e_{100}, рассчитанной для излучателя, имеющего во всех направлениях силу света 100 или 100 000 кд. Условная освещенность для реальной характеристики светораспределения СП

$$e = e_{100}\frac{I_\alpha}{100}, \qquad (9.2)$$

где I_α — сила света.

Распределение силы света I_α круглосимметричных СП для типовых КСС с Φ = 1000 лм приведено в табл. 9.4.

Произведенная в табл. 9.5 группировка выпускаемых в СССР светильников по этим типам кривых и приведенные в этой таблице данные об источниках света и КПД ОП в нижнюю полусферу позволяют осуществлять расчет так:

1. На масштабном чертеже (плане помещения) с обозначенным размещением ОП выбирают контрольные расчетные точки и измеряют расстояния d от проекций точек ОП на чертеже до контрольных точек.

2. По заданному параметру h и значениям d из табл. 9.3. выписывают значения e_{100}, которые могут вносить заметный вклад в создание освещенности.

3. Для принятой группы ОП по классификационной характеристике (см. рис. 5.7) светораспределения приводят все значения e_{100} к e по формуле (9.2).

4. Определяют для каждой расчетной точки значение Σe. Если в зависимости от нормируемых требований значения Σe для исследуемых точек по неравномерности находятся в допустимых пределах, то для дальнейших вычислений принимают точку с минимальным значением Σe. В противном случае корректируют размещение ОП или принятый тип КСС.

5. С учетом заданной освещенности E, принятого коэффициента запаса $K_з$, не учтенного ранее действия удаленных ОП в совокупности с отраженной составляющей $\mu = 1{,}1 \div 1{,}5$ и КПД ОП для нижней полусферы $\eta_\smile$ лампы в каждом светильнике должны иметь поток:

$$\Phi = \frac{1000EK_з}{\eta_\smile \mu \Sigma e}. \qquad (9.3)$$

По табл. 9.5 из группы ОП с принятой в расчете характеристикой светораспределения осуществляют выбор прибора, обеспечивающего наименьшую мощность лампы и удовлетворяющего требованиям по конструктивному и защитному исполнению. В необходимых случаях производят дополнительную проверку результатов расчета по качественным параметрам (см. п. 9.2.4). Если принятое решение не удовлетворяет качественным требованиям или поток ближайшей стандартной лампы отличается от рассчитанного на $-10 \div +20$ %, расположение светильников корректируют.

Таблица 93

α, град	sin α	cos α	cos² α	cos³ α	tg α	α, град	sin α	cos α	cos² α	cos³ α	tg α
0	0,0	1,000	1,000	1,000	0,0	46	0,719	0,695	0,483	0,335	1,035
1	0,0175	1,000	1,000	1,000	0,0174	47	0,731	0,682	0,465	0,317	1,072
2	0,0349	0,999	0,999	0,998	0,0349	48	0,743	0,669	0,448	0,300	1,110
3	0,0523	0,999	0,997	0,996	0,0524	49	0,755	0,656	0,430	0,282	1,150
4	0,0698	0,998	0,995	0,993	0,0699	50	0,766	0,643	0,413	0,266	1,191
5	0,0872	0,996	0,992	0,989	0,0874	51	0,777	0,629	0,396	0,249	1,234
6	0,105	0,995	0,989	0,984	0,1051	52	0,788	0,616	0,379	0,233	1,279
7	0,122	0,993	0,985	0,978	0,1227	53	0,799	0,602	0,362	0,218	1,327
8	0,139	0,990	0,981	0,971	0,1405	54	0,809	0,588	0,345	0,203	1,376
9	0,156	0,988	0,976	0,964	0,1583	55	0,819	0,574	0,329	0,189	1,428
10	0,174	0,985	0,970	0,955	0,1753	66	0,829	0,559	0,313	0,175	1,482
11	0,191	0,982	0,964	0,946	0,1943	57	0,839	0,545	0,297	0,162	1,539
12	0,208	0,978	0,957	0,936	0,2125	58	0,848	0,530	0,281	0,149	1,600
13	0,225	0,974	0,949	0,925	0,2308	59	0,857	0,515	0,265	0,137	1,664
14	0,242	0,970	0,941	0,913	0,2493	60	0,866	0,500	0,250	0,125	1,732
15	0,259	0,966	0,933	0,901	0,2679	61	0,875	0,485	0,235	0,114	1,804
16	0,276	0,961	0,924	0,888	0,2867	62	0,883	0,470	0,220	0,103	1,880
17	0,292	0,956	0,915	0,875	0,3057	63	0,891	0,454	0,206	0,0936	1,952
18	0,309	0,951	0,905	0,860	0,3249	64	0,899	0,438	0,192	0,0842	2,050
19	0,326	0,946	0,894	0,845	0,3443	65	0,906	0,423	0,179	0,0755	2,144
20	0,342	0,940	0,883	0,830	0,3639	66	0,914	0,407	0,165	0,0673	2,246
21	0,358	0,934	0,872	0,814	0,3838	67	0,921	0,391	0,153	0,0597	2,355
22	0,375	0,927	0,860	0,797	0,4040	68	0,927	0,375	0,140	0,0526	2,475
23	0,391	0,921	0,847	0,780	0,4244	69	0,934	0,358	0,128	0,0460	2,605
24	0,407	0,914	0,835	0,762	0,4452	70	0,940	0,342	0,117	0,0400	2,747
25	0,423	0,906	0,821	0,744	0,4663	71	0,946	0,326	0,106	0,0347	2,904
26	0,438	0,899	0,808	0,726	0,4877	72	0,951	0,309	0,0955	0,0295	3,077
27	0,454	0,891	0,794	0,707	0,5095	73	0,956	0,292	0,0855	0,0250	3,270
28	0,470	0,883	0,780	0,688	0,5317	74	0,961	0,276	0,0762	0,0211	3,487
29	0,485	0,875	0,765	0,669	0,5543	75	0,966	0,259	0,0670	0,0173	3,732
30	0,500	0,866	0,750	0,650	0,5773	76	0,970	0,242	0,0585	0,0142	4,010
31	0,515	0,857	0,735	0,630	0,6008	77	0,974	0,225	0,0506	0,0114	4,331
32	0,530	0,848	0,719	0,610	0,6248	78	0,978	0,208	0,0432	0,0090	4,704
33	0,545	0,839	0,703	0,590	0,6494	79	0,982	0,191	0,0364	0,0070	5,144
34	0,559	0,829	0,687	0,570	0,6745	80	0,985	0,174	0,0302	0,0052	5,671
35	0,574	0,819	0,671	0,550	0,7002	81	0,988	0,156	0,0245	0,0038	6,313
36	0,588	0,809	0,655	0,530	0,7265	82	0,990	0,139	0,0194	0,0027	7,115
37	0,602	0,799	0,638	0,509	0,7535	83	0,993	0,122	0,0149	0,0018	8,144
38	0,616	0,788	0,621	0,489	0,7812	84	0,995	0,105	0,0109	0,0011	9,514
39	0,629	0,777	0,604	0,469	0,8097	85	0,996	0,0872	0,0076	0,0007	11,430
40	0,643	0,766	0,587	0,450	0,8397	86	0,9976	0,0698	0,0048	0,0003	14,300
41	0,656	0,755	0,570	0,430	0,8692	87	0,9986	0,0523	0,0027	0,0001	19,080
42	0,669	0,743	0,552	0,410	0,9004	88	0,9993	0,0349	0,0012	0,0000	28,630
43	0,682	0,731	0,535	0,391	0,9325	89	0,9998	0,0175	0,0006	0,0000	57,280
44	0,695	0,719	0,517	0,372	0,9656	90	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
45	0,707	0,707	0,500	0,354	1,000						

Таблица 9.4. **Значения силы света типовых КСС**

Формула	I_α=const	$I_\alpha=I_0 \cos n\alpha$									$I_\alpha=I_\theta\,[\cos\alpha/\cos(\theta \sin^m C\alpha)]$		
Коэффициенты*	—	n= =0,7841	n= =1,0374	n= =1,1038	n= =1,2928	n= =1,5109	n= =1,7582	n= =2,0402	n= =2,3683	n= =2,7471	θ=70°; m=1,2; C=1,66	θ=78,3°; m=1,4; C=1,39	θ=84,4°; m=1,5; C=1,2
α, град	M	$Д$-1	$Д$-2	$Г$-1	$Г$-2	$Г$-3	$Г$-4	$К$-1	$К$-2	$К$-3	$Л$	$Л$-Ш	Ш
0	159,2*	233,4	333,5	377,3	503,0	670,7	894,2	1192	1583	2120	154,8	119,6	78,3
5	159,2	232,9	332,0	375,5	499,8	664,8	883,8	1173	1549	2062	156,5	119,0	78,6
10	159,2	229,2	328,2	370,3	490,2	647,5	852,5	1118	1449	1893	158,2	118,6	79,4
15	159,2	226,5	321,2	361,6	474,4	618,5	801,1	1026	1288	1595	164,5	120,2	81,4
20	159,2	224,7	311,8	349,8	452,7	579,5	731,2	902	1052	1261	175,5	126,0	81,7
25	159,2	220,0	300,0	334,3	425,1	530,2	643,8	750	810	832	190,7	134,0	83,3
30	159,2	214,1	285,5	316,0	392,1	471,4	541,3	574	515	249	210,8	145,0	87,2
35	159,2	207,1	268,8	294,7	354,1	404,7	439,9	380	196	0	235,1	159,6	94,8
40	159,2	199,3	249,8	270,7	311,7	330,9	301,0	174	0		261,8	180,4	105,4
45	159,2	190,6	228,9	244,2	265,3	251,4	168,8	0			281,6	209,7	121,3
50	159,2	180,0	206,0	215,4	215,5	167,3	32,6				282,1	243,4	137,1
55	159,2	170,5	181,7	184,6	162,9	81,8					257,2	269,7	162,0
60	159,2	159,2	155,4	152,0	108,3	0					212,9	275,0	199,0
65	159,2	147,1	128,1	118,2	52,6						161,7	247,6	230,0
70	159,2	134,3	99,8	83,1	0						113,6	194,0	252,0
72	159,2										95,9	167,0	243,2
74	159,2										79,4	139,0	225,0
75	159,2	121,0	70,6	47,4							71,5	125,2	212,3
76	159,2										63,8	111,1	199,0
78	159,2										49,1	84,5	165,5
80	159,2	106,9	40,8	11,1							35,8	60,4	127,7
82	159,2										23,8	39,5	89,1
84	159,2										13,8	22,5	53,6
85	159,2	92,5	10,8								10,0	16,2	39,0
86	159,2										6,2	10,1	25,0
88	159,2										1,6	2,5	6,4
90	159,2	77,7									0	0	0

* Значения коэффициента n приведены с повышенной точностью расчетов с использованием ЭВМ.

Таблица 9.5. **Группировка ОП по классификационной табл. 9.4**

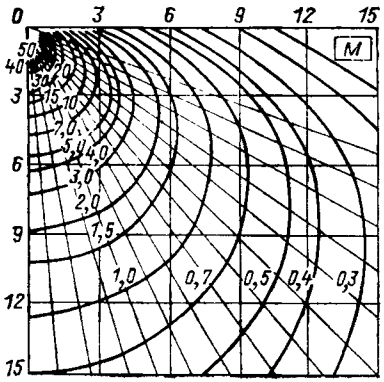
Тип КСС по табл. 9.4	Группа светильников	КПД, %		Тип лампы, мощность, Вт, и световой поток, лм																													
				ЛН									ЛЛ						ДРЛ					МГЛ				ДНаТ					
				60	100	150	200	300	500	1000	1500	15	20	30	40	65	80	125	250	400	700	1000	250	400	700	1000	400					
		β	q	715	1350	2100	2920	4600	8300	18 600	29 000	760	1180	2100	3000	4650	5220	5600	12 500	22 000	38 500	55 000	18 700	32 000	59 500	90 000	36 000					
М	НСО02	32	35			×																											
	НСП02	28	42		×																												
	НСП03	30	45	×																													
		25	40	×																													
	НСП04, НСП09, НСР01*	30	45				×																										
	НСП11, НСП18*, ППР*	30	47		×		×		×																								
	НОДЛ	20	45												1,2 ×																	
	НОГЛ, Н4Т4Л, Н4Т5Л	20	50												1,2 ×	1,2	1,2															
		20	45												×	×	×															
	НПО20, НБО06, НБО07, Н45Н-150	30	40	×	×	×																											
	Н4Б-300М	35	45					×																									
	РВЛМ, РПЛ01	20	48									×	×		×	×																	
	ППР-ДРЛ	25	47																×														
	Н4Т2Н300	30	40					×																									
	РСП11	30	40																	×													
Д-1	ВЗГ-100А	—	45		×																												
	ВЗГ/В4А-200М, ВЗГ-200АМ	20	55				×																										
	В4А-60, НПП03		50	×																													
	НПО16	30	35	×																													
	НПО18	15	50	×	×																												
	НПО30	10	54	×	×																												
	НСП11	14	53						×																								
	НСП18, ППД		68		×		×		×																								
	ПКР 300М	48	30					×																									
	ПП07	26	50		×																												
	РСП11	—	60																	×													
	ПСХ	15	50	×																													
	СК-300	56	24					×																									
	ПВЛ1, ЛСП16		60												2 ×																		
	ПВЛМ, ЛСП12		75												2 ×	2	2																

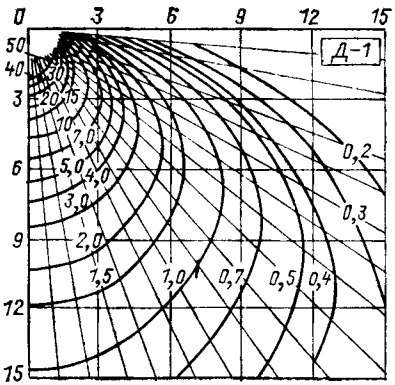
Продолжение табл. 9.5

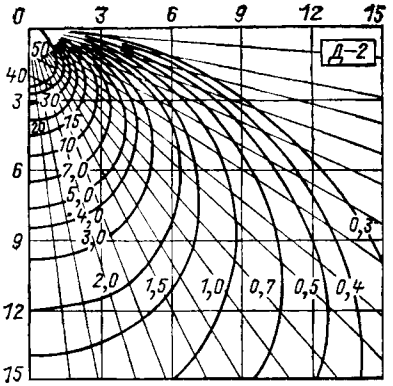
| Тип КСС по табл. 9.4 | Группа светильников | КПД, % | | Тип лампы, мощность, Вт, и световой поток, лм | | |

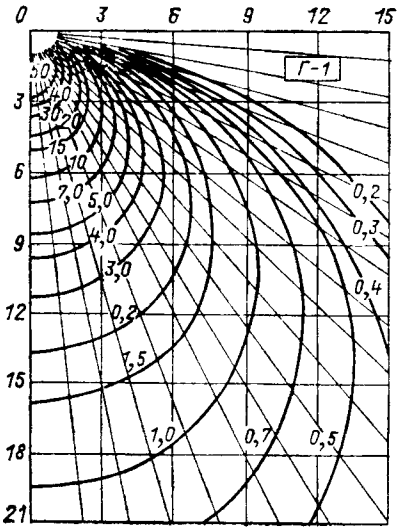
Продолжение табл. 9.5

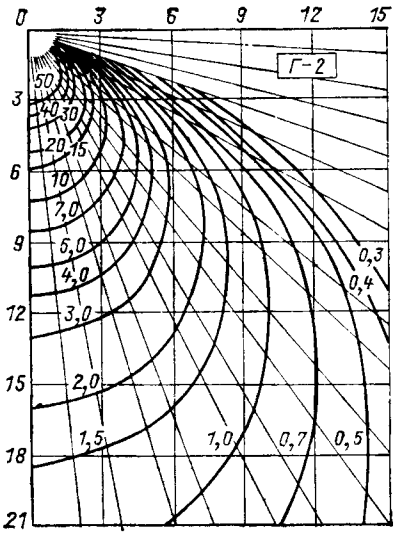
Тип КСС по табл. 9.4	Группа светильников	КПД, %		Тип лампы, мощность, Вт, и световой поток, лм																												
				ЛН									ЛЛ						ДРЛ					МГЛ				ДНаТ				
				60	100	150	200	300	500	1000	1500		15	20	30	40	65	80	125	250	400	700	1000	250	400	700	1000	400				
				715	1350	2100	2920	4600	8300	18 600	29 000		760	1180	2100	3000	4650	5220	5600	12 500	22 000	38 500	55 000	18 700	32 000	59 500	90 000	36 000				
Г-1	РСП12		62																				×									
	РСП16		60																		×											
	РСП17, УПД, НСП20		75						×	×												×										
	УП24, НСП22		67						×																							
	Н4БН150, НПО18		65	×		×																										
	ПЛК		60			×																										
	НВО07		40				×	×																								
	ОДР, ЛД		70													2 ×		2 ×														
	Н4Т4Л, ЛПО13, НОГЛ, Н4Т5Л		55													1,2 ×	1,2 ×	1,2 ×														
	ЛСП02, НОГЛ, Н4Т4Л, НОДЛ, ЛПО30		60										×			1,2 ×	1,2 ×	1,2 ×														
	ПВЛМ, ЛСП12, Н4Т5Л, ЛПО03		65												1,2 ×	1,2 ×		1,2 ×														
	ЛВП33, УСП, ЛПО02, ЛВО01		50											2,4 ×	2,4 ×	4 ×		2,4 ×														
	ЛВП02, ЛВП04, ЛВП31		45													3,4 ×		3,4 ×														
	ШОД	43	42												2 ×			2 ×														
Г-2	ГСП14 (IA)		72																									2				
	ГСП14 (IVA)		62																									2 × 2				
	ГСП15, НСП21		60				×																			×		×				
	РСП18, ГСП18		70																×	×	×	×	×	×		×						
	ППД2		67						×																			×				
	Н4Б-300м		50					×																								
	Н4Т2Н-300		55					×																								
	ССП17 (ЗК)		100						×	×																						
	УСП		60											×																		
	ЛСО04 (IIГ), ЛСО02	40	30													2,4 ×	2 ×															
	ЛСП13		75													2 ×	2 ×															
	УСП (IB), ЛПО02, ЛВО31		50													2, 4, 6 ×	2, 4, 6 ×	2 ×														
	УСП (IГ)		65													6 ×																
	ЛСО04 (IB)	40	25													2 ×	2 ×															
Г-3	СЗДРЛ, РСП10, РСП13, РСП17, ГСП17, СВП		75				×		×											×	×	×	×			×						
	НВО04		55				×	×																								
	РСП05, РСП08, РСП17		80																	×	×	×	×									
	ССПО2 (ДРИЗ)		100																							×						
Г-4	РСП14		77																			2 ×										
	ЖСП01, Н4Т4		70																		×	×				×					×	
	ГСП18, ЖСП17, РСП18		75																	×	×	×	×	×	×	×	×				×	
	НСП17, ГС, ГсУ		80						×	×	×																					
К-1	С35ДРЛ, РСП13, ГСП17, ИСП02		75							×										×	×	×	×			×						
	РСП08, ГК, НСП17, ГкУ, РСП05		80							×	×									×	×	×	×									
К-2	РСП10, ГСП18, ЖСП17, РСП18		75																	×	×	×	×	×	×	×	×				×	
	ЖСП01		70																													
	ГСП19, Н4Т4		70																								×					
	ССП02 (ДРИЗ)		100																								×					
Л	РСП08		80																×	×	×											
	С, НСП17, СУ		80				×		×																							
	НПО18	15	55			×																										
	ЛСП13		75													2 ×	2 ×															

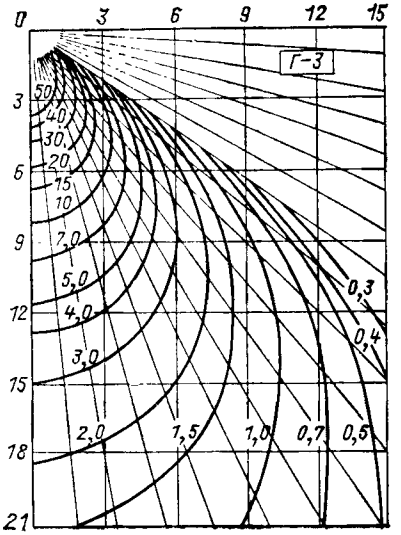








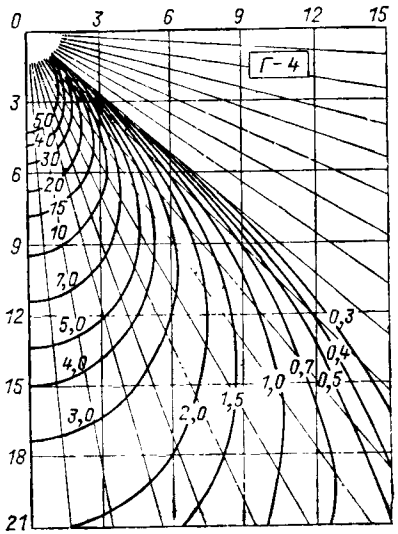




В тех случаях, когда расчету предшествует выбор типа ОП и лампы в нем, формула (9.3) используется для определения E и вариации размещения ОП, а также для подбора необходимого значения Σe. Наивыгоднейшее расстояние между ОП (l/h) для получения наименьшей неравномерности распределения освещенности на горизонтальной поверхности равно для классификационных кривых: (Д-1)—1,3; (Д-2)—0,96; (Г-1)—0,91; (Г-2)—0,77; (Г-3)—0,66; (Г-4)—0,57; (К-1)—0,49; (К-2)—0,42; (К-3)—0,36.

В. Кроме изложенного выше способа определения условной освещенности по табл. 9.3 в сочетании с характеристиками светораспределения ОП с Φ=1000 лм значение e может быть определено с помощью характеристик светораспределения ОП или кривых равной условной горизонтальной освещенности, составляемых для каждого типа ОП с учетом их КПД и потока лампы Φ=1000 лм [13]. При их использовании в формуле (9.3) параметр $\eta_{\cup}$ не учитывается.

В подавляющем большинстве расчетов, когда светораспределение ОП может учитываться типовыми характеристиками (табл. 9.4), определение значения e может производиться с помощью пространственных кривых равной горизонтальной освещенности (рис. 9.3—9.15 для СП с Φ=1000 лм) с применением той же фор-



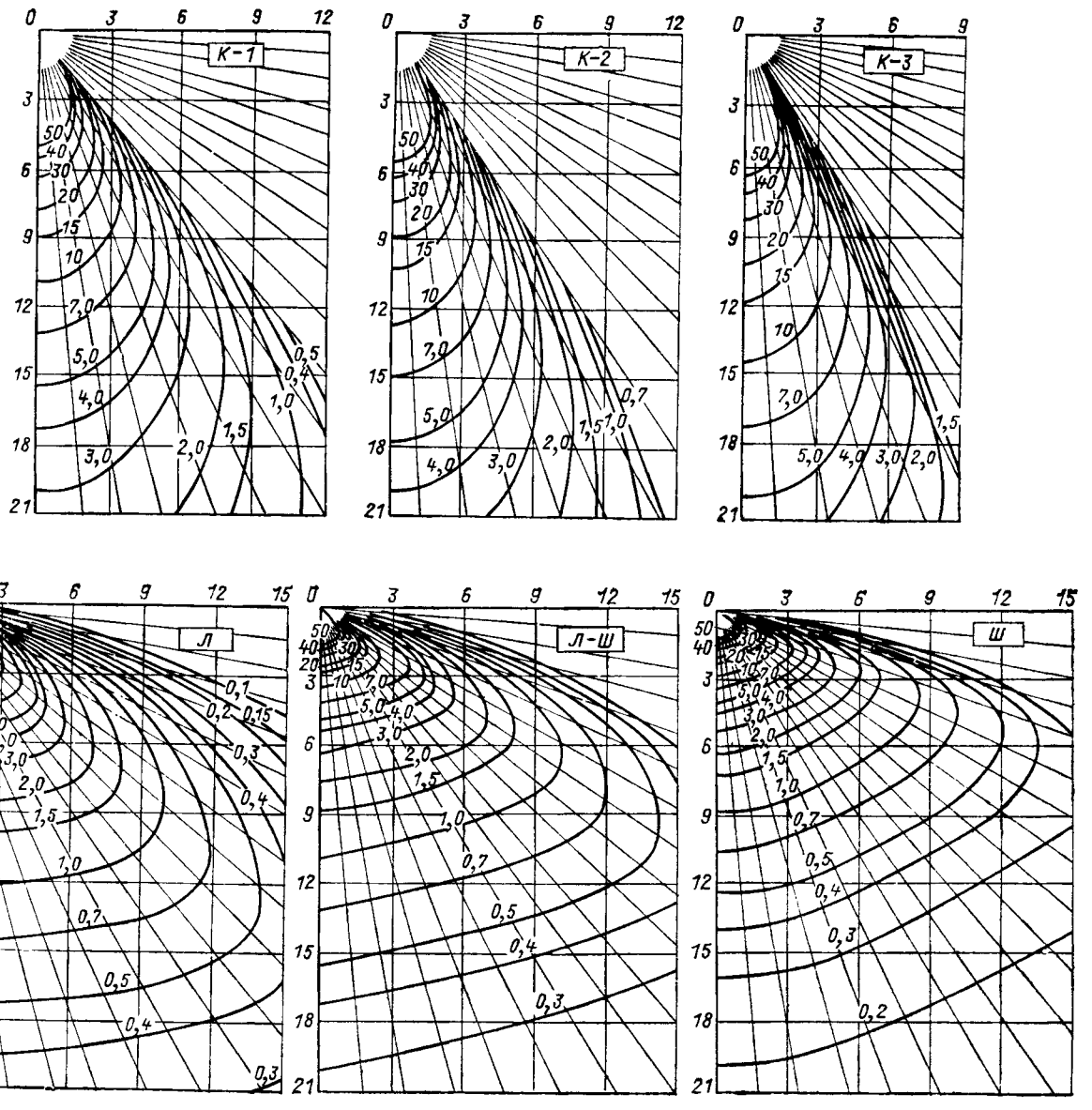


Рис. 9.3—9.15. Пространственные кривые условной горизонтальной освещенности для различных типов КСС.

мулы. Представление этих графиков в масштабе чертежа на прозрачном материале удобно ввиду их ограниченного количества и позволяет путем совмещения контрольной точки по оси h с расчетным значением $h_р$ находить искомое значение e от исследуемого ОП поворотом графика в контрольной точке и совмещением ОП с прямой, параллельной оси d и соответствующей $h_р$. Положение ОП на этой прямой в поле графика определяет значение e в контрольной точке, создаваемой этим ОП (рис. 9.16).

При других масштабах графиков изолюкс значение d определяют обмером по масштабному плану. Если параметры d и h оказываются за пределами приведенных координат, их можно численно изменить в n раз, чтобы контрольная точка оказалась в поле графика. При этом e изменится в n^2 раз.

Г. Быстрый способ определения освещенности, создаваемой несколькими круглосимметричными светильниками, возможен с помощью шкалы. Изложение этого способа приводится ниже, с использованием материалов и рисуиков [9.4]. Применяют универсальную номограмму (рис. 9.17, *а*) преобразования КСС в шкалу освещенности. Для этого КСС ОП совмещают с номограммой так, чтобы оси 0 и 90° совпали (рис. 9,17, *б*), и приводят радиальные линии от точки 0° через пересечения КСС с кривыми номограммы. Этим линиям присваивают номера тех кривых, которые они пересекают на иомограмме. Проводят оси 0 и 45° (на рисунке —

пунктир); на оси 0° в точке пересечения линии номограммы — 10 — определяют соответствующую этой точке силу света I по КСС. На рис. 9.17, *б* $I=690$ кд. Для дальнейших операций вводят коэффициент $k_1=M/10$ и строят линейную шкалу:

в масштабе плана-чертежа с размещением ОП и контрольной точки выполняют линейку с фиксированными точками, расстояние между которыми равно $h_р$;

указанные точки совмещают с осями 0 и 45 °;

на линейке отмечают пересечение с радиальными линиями и воспроизводят их нумерацию (рис. 9.17, *в*).

Значение $e_г$ определяют умножением числа на линейке, фиксированного расстоянием между контрольной точкой и ОП, на коэффициент $K_2=K_1/h^2$. Из рис. 9.17, *г* и *в* видно, как эта операция выполняется для миогих светильников.

Для часто встречающихся случаев расположения расчетных точек на вертикальных поверхностях, параллельных рядам светильников, определение значений $e_в$ производят изложенным способом с учетом следующих изменеиий: результат показаний шкалы линейки умножают иа расстояние d в реальных размерах от контрольной точки до линии расположения светильников в ряду (перпендикуляр к ряду).

Повторив шаги расчета применительно к остальным рядам, результаты складывают и умножают сумму на $K_3=K_1/h^3$.

Д. Для многовариантных расчетов освещениости, совмещения этих расчетов с оценкой других светотехнических и экономических параметров установок изложенные выше упрощенные способы расчета требуют больших трудозатрат и вытесняются расчетами на ЭВМ по специальным программам, разработанным в многочисленных оргаиизациях. Возможности использования для этой цели ЭВМ существенно расширяются при решении обратных и оптимизационных задач, когда светотехнические характеристики ОП выражаются аналитически.

Классификационные КСС в табл. 9.4 представлены двумя формулами, однако не все возможные характеристики круглосимметричных ОП могут описываться этими формулами. Ниже приводится способ представления КСС ОП с помощью интерполяционных формул, позволяющих [4] выполнять с помощью ЭВМ или микрокалькуляторов светотехнические расчеты с повышениой точностью.

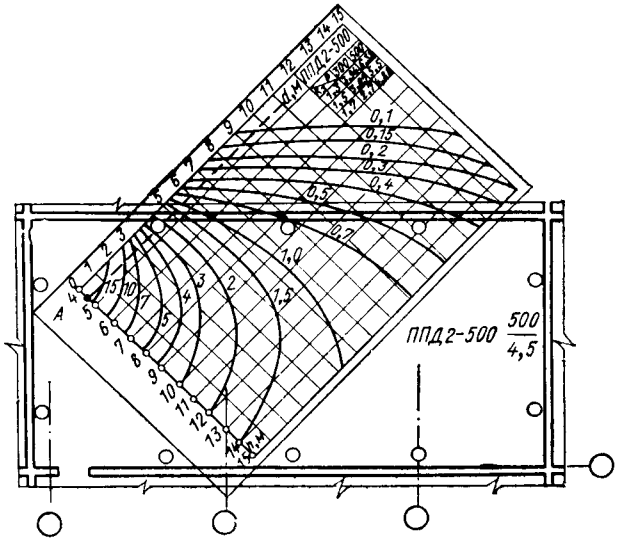


Рис. 9.16. Пример использования пространственных изолюкс для расчета горизонтальиой освещенности.

Таблица 9.6

i	1	2	3	4	5	6	7
$\alpha_i=(i-1)\Delta\alpha$	0	15	30	45	60	75	90
$I_i=I(\alpha_i)$	17,7	10,8	8,7	6,8	4,5	2,1	0

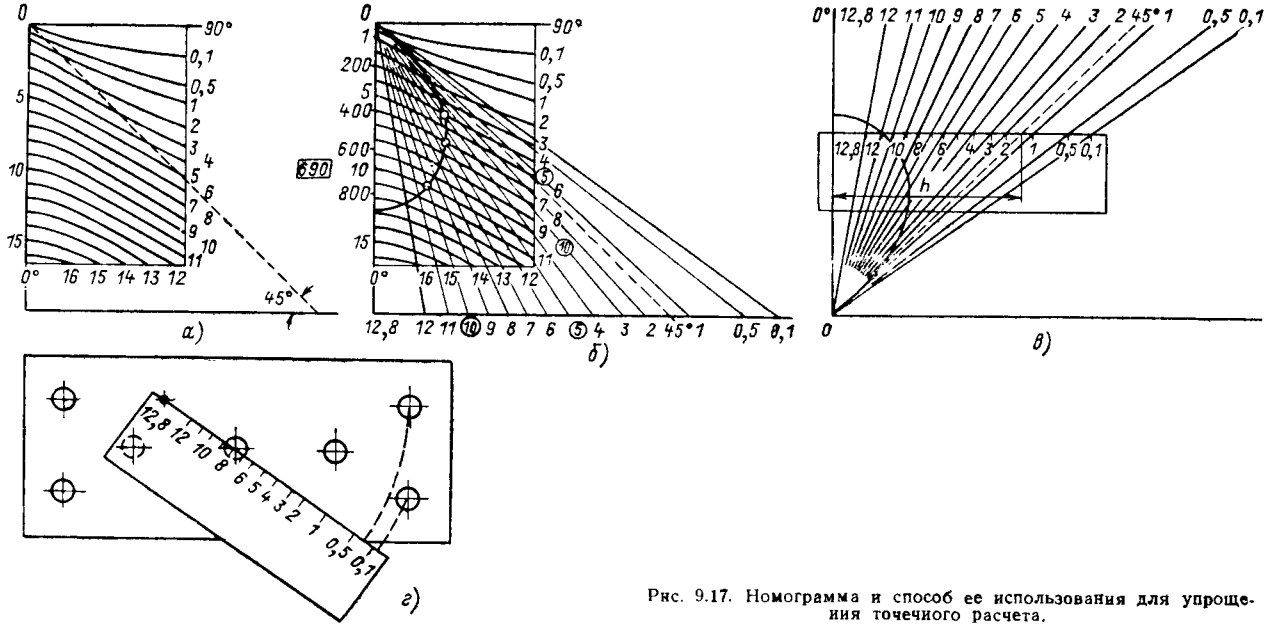


Рис. 9.17. Номограмма и способ ее использования для упрощения точечного расчета.

Таблица 9.7. Значения MA

k/l	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0	0,	0	0	0	1
2	−1	2,143593	−2,666667	4	−8	29,856406	−24,333333
3	23,333333	−49,863279	61,333333	−89,333333	162,666667	−280,803887	172,666667
4	−149,333333	316,683847	−378,666667	512	−730,666667	963,316143	−533,333333
5	384	−803,829159	917,323333	−1109,333333	1344	−1542,837502	810,666667
6	−426,666667	876,198326	−938,666667	1024	−1109,333333	1171,801666	−597,333333
7	170,666667	−341,333333	−341,333333	341,3333333	−341,333333	−341,333333	170,666667

Таблица 9.8

k/l	1	2	3	4	5	6	7
I	0	0	0	0	0	0	1
I_i	17,7	10,8	8,7	6,8	4,5	2,1	0

Таблица 9.9

$k=2$	−1	2,143593	−2,66667	4	−8	29,856406	−24,333333
I_i	17,7	10,8	8,7	6,8	4,5	2,1	0

Можно представить любую КСС интерполяционной формулой

$$I_\alpha = \sum_{k=1}^{N} b_k \cos^{2k-2}\alpha.$$

Число N слагаемых в этой формуле определяет точность представления КСС и шаг по углу α соотношением

$$\Delta\alpha = \frac{90^\circ}{(N-1)}.$$

При $N=7$ достигается достаточно точное представление и получается, что $\Delta\alpha = 15^\circ$ и

$$I_\alpha = \sum_{k=1}^{7} b_k \cos^{2k-2}\alpha = b_1 + b_2\cos^2\alpha + b_3\cos^4\alpha + \ldots$$
$$\ldots + b_7\cos^{12}\alpha.$$

Коэффициенты b_k являются координатами искомого вектора:

$$\bar{B} = \{b_k\}_{k=1}^{7}.$$

Пусть, например, КСС круглосимметричного светильника, излучающего в полусферу, представлена в табличной форме (табл. 9.6).

Значения силы света I_i из табл. 9.6 ($i=1, 2, \ldots, 7$) являются координатами вектора исходных данных:

$$\bar{I} = \{J_i\}_{i=1}^{7}.$$

Вектор-столбец $\bar{B}'$ равен произведению матрицы преобразования MA на вектор-столбец $\bar{I}'$

$$MA\,\bar{I}' = \bar{B}'$$

или вектор-строка $\bar{B}$ равен произведению вектора-строки $\bar{I}$ на транспонированную матрицу MA'

$$\bar{B} = \bar{I}MA'.$$

В табл. 9.7 приводится универсальная матрица преобразования MA. Правило пользования формулой [9.1] для определения коэффициентов b_k приводится на примере табл. 9.6.

1. Определение коэффициента b_1:

при $k=1$ из табл. 9.7 берем первую строку коэффициентов и под ней записываем (табл. 9.8) строку I_i из табл. 9.6.

Строки табл. 9.8 попарно перемножаем, произведения складываем:

$$b_1 = 0\cdot 17{,}7 + 0\cdot 10{,}8 + 0\cdot 8{,}7 + 0\cdot 6{,}8 + 0\cdot 4{,}5 +$$
$$+ 0\cdot 2{,}1 + 1\cdot 0 = 0.$$

2. Определение коэффициента b_2:

при $k=2$ из табл. 9.7 берем вторую строку, под ней записываем (табл. 9.9) строку I_i из табл. 9.6.

Элементы строк табл. 9.9 попарно перемножаем, полученные произведения складываем:

$$b_2 = 1\cdot 17{,}7 + 2{,}143593\cdot 10{,}8 - 2{,}666667\cdot 8{,}7 +$$
$$+ 4\cdot 6{,}8 - 8\cdot 4{,}5 + 29{,}856406\cdot 2{,}1 - 24{,}333333\cdot 0 \approx$$
$$\approx 36{,}1492.$$

3. Аналогично, выписывая 3-ю и 7-ю строки матрицы MA из табл. 9.7 в паре со строкой исходных данных табл. 9.6 и производя операции умножения одноименных элементов и последующего сложения, получим остальные коэффициенты b_k: $b_3 = -57{,}0772$; $b_4 = -300{,}8505$; $b_5 = 1350{,}8199$; $b_6 = -1823{,}4723$; $b_7 = 802{,}1332$.

Интерполяционная формула (при $N=7$) результатов фотометрирования конкретного круглосимметричного светильника запишется так: $I(\alpha) = 0{,}0000\cos^0\alpha + 36{,}1492\cos^2\alpha - 57{,}0772\cos^4\alpha - 300{,}8505\cos^6\alpha + 1350{,}8199\cos^8\alpha - 1823{,}4743\cos^{10}\alpha + 802{,}1332\cos^{12}\alpha$.

Таблица 9.10

j	1	2	3	4	5	6	7
$\alpha_j = (j-1)\,\Delta\alpha$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
$I_j = I\,\alpha_j$	36,1492	64,0682	103,5585	150,6015	238,941	602,462	1115,3234

Таблица 9.11. Значения матрицы MB

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	0,	0	1	0	0	0
2	0,5	−1,154701	2	0	−2	1,154701	−0,5
3	0,5	−1,333333	4	6,333333	4	−1,333333	0,5
4	−2,666667	5,773503	−4,666667	0	4,666667	−5,773503	2,666667
5	−2,666667	6,666667	−9,333333	10,666667	−9,333333	6,666667	−2,666667
6	2,666667	−4,618802	2,666667	0	−2,666667	4,618802	−2,666667
7	2,666667	−5,333333	5,333333	−5,333333	5,333333	−5,333333	2,666667

Пусть теперь круглосимметричный светильник излучает в полную сферу. КСС этого светильника представлена с шагом $\Delta\alpha=30°$ в форме исходных данных (табл. 9.10).

В этом случае КСС может быть представлена формулой

$$I(\alpha)=\sum_{n=1}^{N} b_n \cos^{n-1}\alpha.$$

Из соотношения $\Delta\alpha=\dfrac{180°}{N-1}$ при $N=7$ следует, что $\Delta\alpha=30°$ (как в табл. 9.10) и

$$I(\alpha)=\sum_{n=1}^{7} b_n \cos^{n-1}\alpha = b_1+b_2\cos\alpha+b_3\cos^2\alpha+ \\ +\ldots+b_7\cos^6\alpha.$$

Пусть по-прежнему $\overline{I}=\{I_j\}_{j=1}^{7}$ и $\overline{B}=\{b_n\}_{n=1}^{7}$. Матрица преобразования MB в этом случае отличается от аналогичной матрицы MA своими элементами, сохраняя неизменной размерность 7×7. Поэтому $MB\overline{I}'=\overline{B}'$ и $\overline{B}=\overline{I}MB'$.

В табл. 9.11 представлена матрица преобразования MB.

Используя уже описанную процедуру умножения 1—7-й строк матрицы на строку исходных данных табл. 9.10, получаем, что $b_1=150{,}6015$; $b_2=-188{,}6682$; $b_3=103{,}2181$; $b_4=401{,}1645$; $b_5=-217{,}3050$; $b_6=-751{,}0834$; $b_7=539{,}2217$.

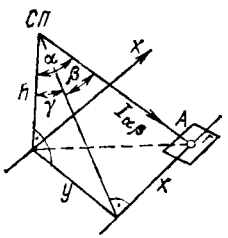
Тем самым определяется интерполяционная формула для случая излучения в полную сферу круглосимметричным светильником: $I\alpha=150{,}6015\cos^0\alpha-188{,}6882\cos\alpha+103{,}2181\cos^2\alpha+401{,}1645\cos^3\alpha-217{,}3050\cos^4\alpha-752{,}0834\cos^5\alpha+539{,}2217\cos^6\alpha$.

Описанные выше представления $\overline{I}(\alpha)$ полиномами позволяют преобразовать выражения I_α в $I(\alpha)$ в формулах табл. 9.1, оставляя их в остальной части без изменений.

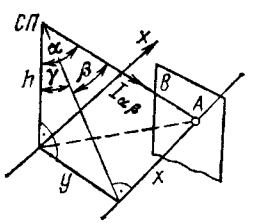
9.2.2. НЕКРУГЛОСИММЕТРИЧНЫЕ ТОЧЕЧНЫЕ ИЗЛУЧАТЕЛИ

В случае точечного некруглосимметричного излучателя освещенность в расчетной точке также определяется законом квадратов расстояний. Такой излучатель характеризуется зависимостью сил света $I_{(\alpha\beta)}$ от углов α и β (табл. 9.12). Согласно рисункам к этой таб-

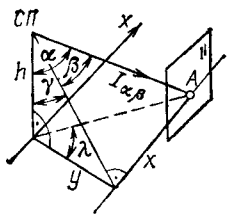
Таблица 9.12. Схемы и формулы для расчета освещенности в точке, создаваемой точечным некруглосимметричным излучателем



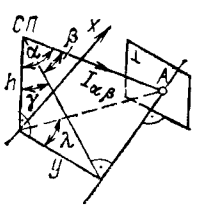
$$E_\Gamma=\frac{I_{\alpha\beta}\cos^3\gamma\cos^3\beta}{h^2}$$



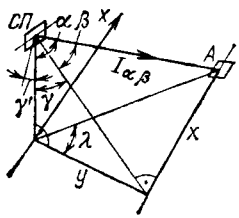
$$E_B=\frac{I_{\alpha\beta}\cos^2\gamma\cos^2\beta\sqrt{1-\cos^2\gamma\cos^2\beta}}{h^2}$$



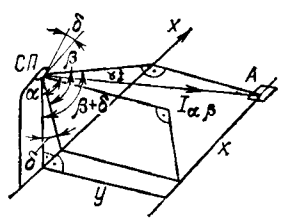
$$E_{B\parallel}=\frac{I_{\alpha\beta}\cos^2\gamma\cos^2\beta\sqrt{1-\cos^2\gamma\cos^2\beta}}{h^2}\cos\lambda$$



$$E_{B\perp}=\frac{I_{\alpha\beta}\cos^2\gamma\cos^2\beta\sqrt{1-\cos^2\gamma\cos^2\beta}}{h^2}\sin\lambda$$



Используются предыдущие формулы с заменой γ на $\gamma+\gamma'$



Используются предыдущие формулы с заменой β на $\beta+\delta$

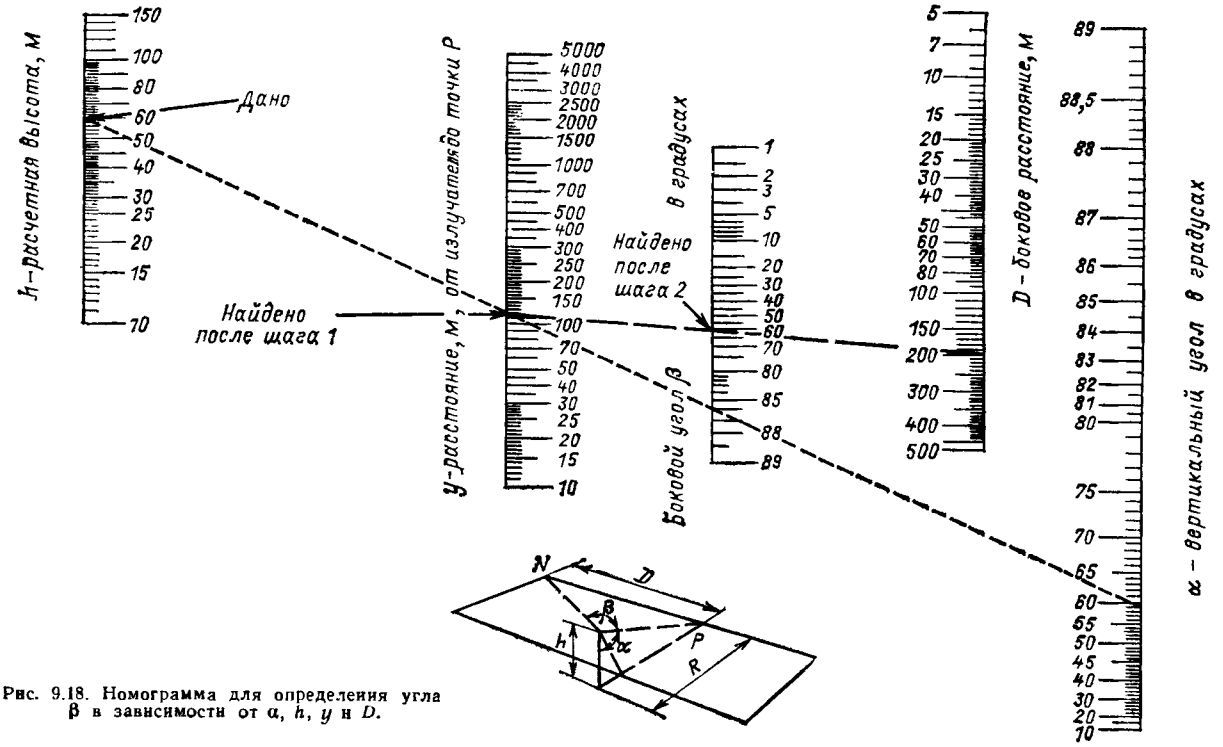


Рис. 9.18. Номограмма для определения угла β в зависимости от α, h, y и D.

лице расчетная точка определяется координатами h, x, y или угловыми значениями γ, β, α, причем

$$\cos\alpha = \cos\gamma\cos\beta. \qquad (9.4)$$

Характеристики светораспределения некруглосимметричных СП по углу β даются в пределах 0—90° при наличии двух плоскостей симметрии, в пределах 0—180° при одной плоскости и 0—360° при отсутствии плоскостей симметрии.

Для расчетов ОУ, отличающихся взаимным расположением поверхности с расчетной точкой и ОП, используют соответствующие представлении формулы (9.1), сводка которых с поясняющими обозначения схемами по [6] приведена в табл. 9.12.

А. При расчетах по формулам (см. табл. 9.12) параметр h задан, x и y измеряются по масштабному плану. Углы α и γ могут быть определены по табл. 9.3, а угол β — по формуле (9.4).

Определение угла β упрощается использованием рис. 9.18. По значениям углов α и β из характеристик светораспределения СП определяется сила света $I_{\alpha\beta}$

Вычисление освещенности $E_г$ и $E_в$ далее может быть выполнено упрощенным способом по табл. 9.3 для определения условной освещенности. Расчет установок в этом случае производится аналогично процедуре, приведенной в п. 9.2.1.

Б. Расчет освещенностей $E_г$ и $E_в$ установок может выполняться с помощью кривых, равной относительной освещенности ε. Эти изолюксы строятся для ламп с $\Phi = 1000$ лм и расчетной высоты $h = 1$ м, с координатами $\xi = x/h$ и $\eta = y/h$ (см., например, рис. 9.19, методику построения см. [13]). Операции при использовании изолюкс относительной освещенности сводятся к определению значений ε в расчетной точке, создаваемой каждым ОП. Использование графиков относительных изолюкс, рассчитанных для конкретных ОП по данным об

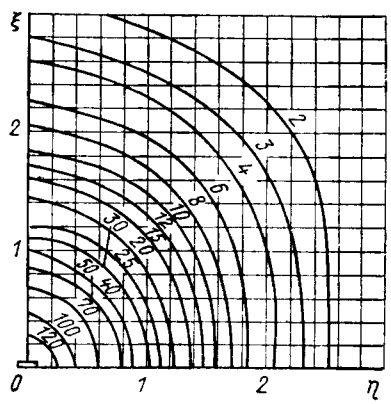


Рис. 9.19. Условные изолюксы для светильника ПВЛП.

их светораспределении при потоке ламп $\Phi = 1000$ лм, приводит к определению необходимого потока лампы в каждом светильнике с учетом реального значения h:

$$\Phi = \frac{1000 E_н K_з h^2}{\mu \Sigma \varepsilon}. \qquad (9.5)$$

Приведенные графики построены для перпендикулярного расположения осевых линий СП к расчетной плоскости.

Расчет освещенности точек на наклонных поверхностях от наклонных несимметричных светильников (прожекторов) отличается из-за практической невозможности создания универсальных графиков или таблиц для всего разнообразия взаимного расположения освещаемых поверхностей и ОП. Для расчетов в та-

ких случаях используются изолюксы горизонтальной освещенности, построенные для конкретных углов наклона осевых линий ОП (прожекторов), созданию которых предшествует расчет изолюкс на условной плоскости. Различные методы построения указанных изолюкс приведены в [16]. При наличии изолюкс на условной плоскости построение изолюкс для расчетных условий можно выполнить по методике, разработанной Г. М. Кнорringом [12] с применением ЭВМ. Приведенный в п. 9.2.1Д принцип аналитического представления КСС может быть распространен на некруглосимметричные точечные излучатели с приведением методики расчетов к аналитической форме на ЭВМ. В последнее время по разработанным в различных организациях программам расчет и построение изолюкс для прожекторов выполняются на ЭВМ, по таблицам значений КСС.

9.2.3. СВЕТЯЩИЕ ЛИНИИ

Расчеты с излучателями, образующими светящие линии, основаны на представлении распределения сил света каждым элементарным участком линии. В общем случае длина этих участков l и расстояние от них до расчетной точки r должны быть связаны соотношением $r \geqslant 5l$. Светораспределение элементарных участков линий может быть круглосимметричным, несимметричным и отличаться характеристикой по длине линии (например, в щелевых световодах). Поскольку в создаваемой в расчетной точке освещенности участвуют лучи от всей линии, сходящиеся в этой точке, освещенность в ней определяется интегрированием по всей длине светящей линии. Сводка схем, обозначений и формул для расчета освещенности, создаваемой светящими линиями, приведена в табл. 9.13 по [9.3].

А. В практике светотехнических расчетов, как правило, рассматриваются светящие линии, образованные люминесцентными светильниками. Инженерные расчеты в этом случае можно выполнять по вспомогательным графикам линейных изолюкс, методика построения которых разработана Г. М. Кнорringом [13]. При этом должны быть учтены следующие предпосылки:

1. Светораспределение элементарных участков линии приравнивается к КСС того типа ОП, из которых сформирована линия.

2. Вводится параметр плотности потока ламп в линии, отнесенного к длине 1 м. Если линия имеет равномерно распределенные разрывы длиной λ ($\lambda < 0{,}5h$), то

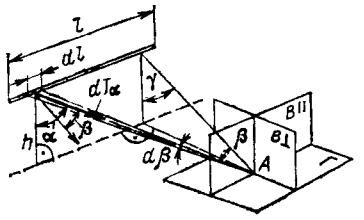
$$\Phi' = \frac{\Phi}{(l+\lambda)}, \qquad (9.6)$$

где Φ — поток лампы в сплошном элементе длиной l.

При $\lambda > 0{,}5h$ рекомендуется вести расчеты отдельно для каждого сплошного участка.

3. Рассчитанные по методике [13] линейные изолюксы основаны на аппроксимации продольных КСС люминесцентных ОП формулой $I_\beta = I_0 \cos^m \beta$. Для све-

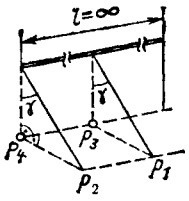
Таблица 9.13. Схемы и формулы для расчета освещенности, создаваемой светящей линией в точке



$$E_\Gamma = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}\left[\frac{2\beta + \sin 2\beta}{4}\right]_{\beta_1}^{\beta_2};$$

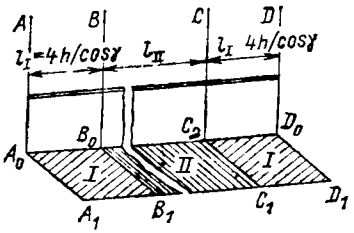
$$E_{B\parallel} = \frac{I'_\gamma \cos\gamma \sin\gamma}{h}\left[\frac{2\beta + \sin 2\beta}{4}\right]_{\beta_1}^{\beta_2},$$

$$E_{B\perp} = \frac{I'_\gamma \cos\gamma}{h}\left[-\frac{\cos^2\beta}{2}\right]_{\beta_1}^{\beta_2}$$



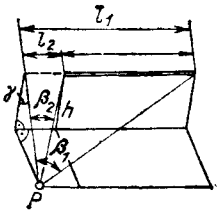
$$E_{\Gamma p1} = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}\frac{\pi}{2}; \qquad E_{\Gamma p2} = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}\frac{\pi}{4}$$

$$E_{\Gamma p3} = \frac{I'_0}{h}\frac{\pi}{2}; \qquad E_{\Gamma p4} = \frac{I'_0}{h}\frac{\pi}{4}$$

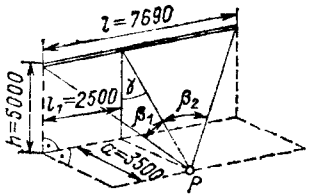


I. $E_\Gamma = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}(f_1 + f_2)$;

II. $E_\Gamma = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}\frac{\pi}{2}$



$$E_\Gamma = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}(f_1 - f_2)$$



$$E_\Gamma = \frac{I'_\gamma \cos^2\gamma}{h}(f_1 + f_2);$$

$$E_{B\parallel} = \frac{I'_\gamma \cos\gamma \sin\gamma}{h}(f_1 + f_2)$$

тильников со сплошными рассеивателями $m=1{,}2$; с решетками, создающими защитные углы в продольной плоскости 15—30—45°, m равно 1,5; 2,0; 3,0 соответственно.

4. Линейные изолюксы по п. 3 рассчитаны относительно освещенности ε_r (для $\Phi'=1000$ лм/м и $h=1$ м) и для условия размещения расчетной точки против конца линии. Освещенность других точек определяется путем разделения линии на части или дополнения их фиктивными отрезками, минимая освещенность от которых вычитается. В зависимости от степени концентрации продольной характеристики КСС элементарного участка линии и соотношения длины линии к расчетной высоте зависимость освещенности в расчетной точке от ее положения относительно линии меняется: интенсивнее для $m=1$ и медленнее по мере возрастания значения m. Для всех случаев при $l>3h$ наступает равномерность распределения освещенности, при $l<0{,}5h$ освещенность может снизиться в 2 раза.

На рис. 9.20 — 9.24 приведены кривые линейной равной освещенности для наиболее распространенных ОП, заимствованные из [26].

Для определения по графикам значения условной освещенности e, создаваемой общим участком линии, размеры P, h и l предопределяют координаты ε на графиках соотношением $P'=P/h$ и $L'=l/h$. Суммированием значений ε от всех участков, создающих освещенность в расчетной точке, определяется $\Sigma\varepsilon$. С учетом вклада многократных отражений в создаваемую освещенность, определяемого коэффициентом μ ($\mu=1{,}1\div 1{,}15$), находят необходимую плотность потока:

$$\Phi' = \frac{1000 E K_3 h}{\mu \Sigma \varepsilon}. \qquad (9.7)$$

Расчеты по приведенным выше известным методам обладают ограниченной областью применения, напри-

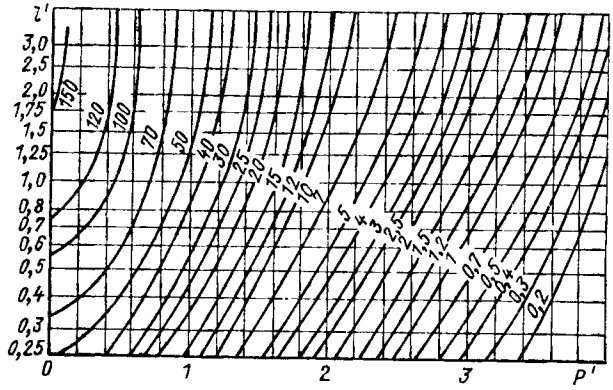


Рис. 9.20. Кривые равной освещенности для светильников группы М.

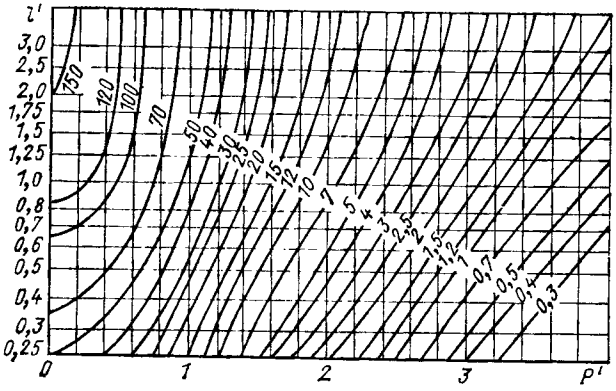


Рис. 9.21. Кривые равной освещенности для светильников группы Д-1.

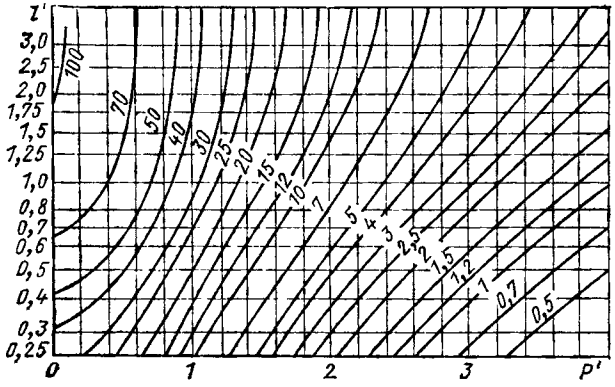


Рис. 9.22. Кривые равной освещенности для светильников группы Д-2.

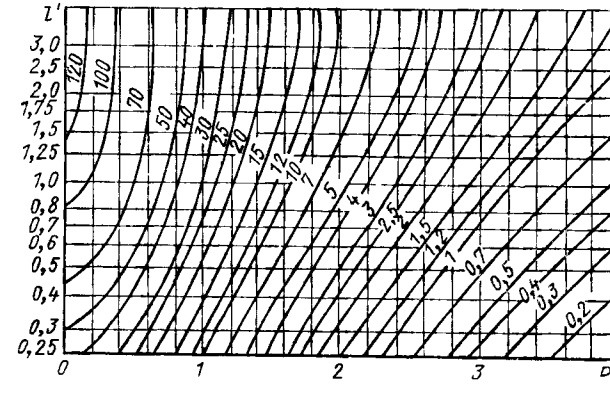


Рис. 9.23. Кривые равной освещенности для светильников группы Г-1.

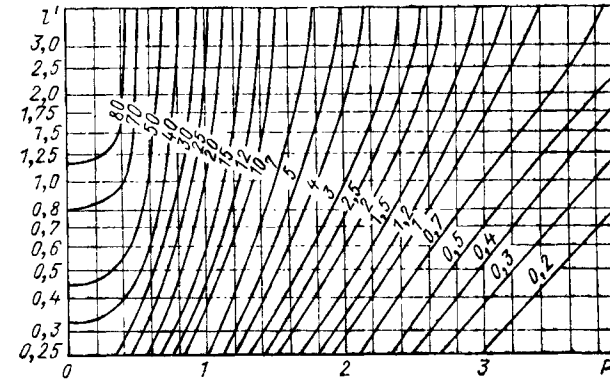


Рис. 9.24. Кривые равной освещенности для светильников группы Г-2.

мер существуют ограничения по высоте размещения линии, требование однородности излучения; точность метода недостаточна.

Напротив, использование аналитического представления КСС точечного излучателя (см. табл. 9.1) позволяет производить светотехнические расчеты со светящими линиями при любом их расположении с заданной требуемой точностью и при любом характере распределения излучателя от точки к точке и по направлениям [9.2].

9.2.4. СВЕТЯЩИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Расчеты освещенности в точке от светящих поверхностей в условиях, при которых их фотометрические характеристики не могут быть представлены точечными или линейными излучателями, требуют учета размеров и закона распределения излучения от всех элементарных участков.

Потребности практики удовлетворялись до последнего времени случаем равномерной яркости поверхности с диффузным излученнем (светимость $M=\pi L$).

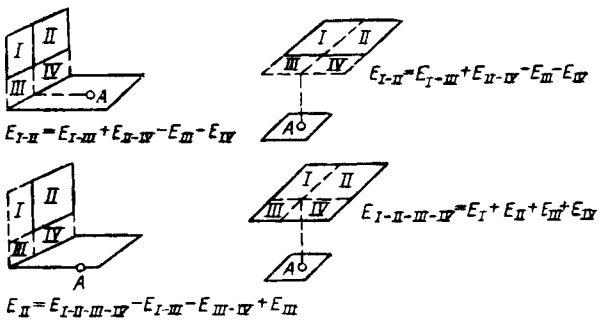


Рис. 9.25. Схемы размещения светящих прямоугольников и модели приведения этих схем для расчетов по номограммам.

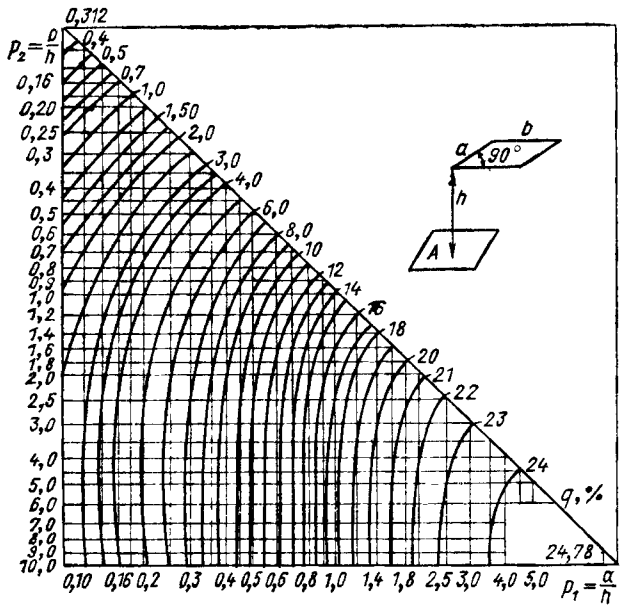


Рис. 9.26. Номограмма для расчета освещенности от светящего прямоугольника, параллельного расчетной плоскости.

При любом расположении такой светящей поверхности отиосительно расчетиой точки схемы расчетов могут быть приведены к случаям горизонтального или вертикального положения этой поверхности (рис. 9.25) [11].

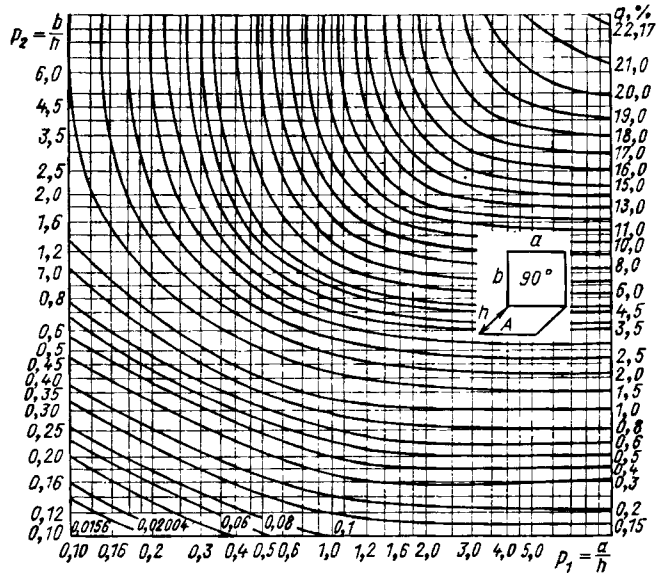


Рис. 9.27. То же, что рис. 9.26, но прямоугольник перпендикулярен расчетной плоскости.

Для светящей горизонтальио расположенной прямоугольной поверхности размерами $a\times b$ согласно [13]

$$E=\frac{M}{2\pi}\left(\frac{a}{\sqrt{a^2+h^2}}\operatorname{arctg}\frac{b}{\sqrt{a^2+h^2}}+\right.$$
$$\left.+\frac{b}{\sqrt{b^2+h^2}}\operatorname{arctg}\frac{a}{\sqrt{b^2+h^2}}\right);$$

для вертикального прямоугольника

$$E=\frac{M}{2\pi}\left(\operatorname{arctg}\frac{b}{p}-\frac{p}{\sqrt{p^2+h^2}}\operatorname{arctg}\frac{b}{\sqrt{p^2+a^2}}\right).$$

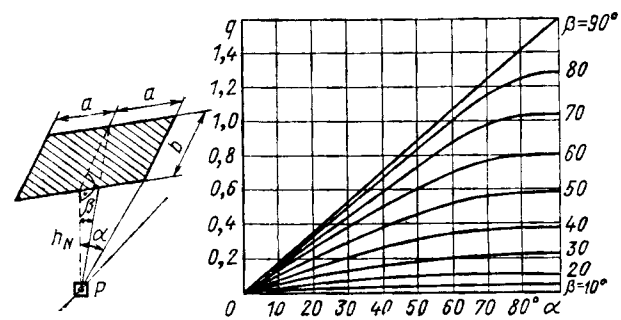


Рис. 9.28. Номограмма для расчета освещенности от наклонных светящих поверхностей светильников типа ПВЛМ 2×40.

Упрощенне расчетов достигается путем использования предложенных Е. С. Ратнером графиков (рис. 9.26 и 9.27), позволяющих определить значение q, численно равное отношению E/M.

Координаты графиков связаны с реальными размерами светящих поверхностей: $p_1' = a/h$ (или a/p); $p_2' = b/h$ (или b/p).

В [6] рассмотрены другие способы аналогичных расчетов с помощью иных графиков, например рис. 9.28, а также решения задач с использованием поверхностей непрямоугольной формы.

9.3. МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Рассматриваемый метод заключается в определении значения коэффициента η, равного отношению светового потока, падающего на расчетную поверхность, к полному потоку ОП. В наиболее распространенной форме этот коэффициент определяется для горизонтальных поверхностей, равновеликих полу. Процедура вычисления связана с расчетом зонального распределения световых потоков ОП и вычисления через соответствующие значения коэффициентов связи потока, установившегося на расчетной поверхности. Важно учитывать, что величина η может быть представлена в виде

$$\eta = \eta_c \eta_п,$$

где η_c — КПД СП, а $\eta_п$ — КПД помещения.

В практике светотехнических расчетов значения коэффициентов использования находятся из таблиц, связывающих геометрические параметры помещений (индекс помещений i) с их оптическими характеристиками ($\rho_{пот}$; $\rho_{ст}$; $\rho_р$) и КСС излучателей. При этом излучателям приписывается поток в 1000 лм. В тех случаях, когда их КПД не учитывается, т. е. условно принимается за 100 % (в таблицах, рассчитанных для классификационных КСС), фактически дано значение $\eta_п$. В таблицах, составленных для конкретных типов КСС, приводится значение η.

Для определения табличного значения $\eta(\eta_п)$ находится индекс данного помещения и предположительно оцениваются коэффициенты отражений $\rho_{пот}$ — потолка, $\rho_{ст}$ — стен и $\rho_р$ — расчетной поверхности или пола. Индекс размещения

$$i = \frac{ab}{h(a+b)},$$

где a — длина помещения; b — его ширина; h — расчетная высота.

Таблица 9.14. Значения коэффициентов использования

$\rho_{пот}$	0,7						0,7						0,7						0,5					
$\rho_{ст}$	0,5						0,5						0,3						0,5					
$\rho_р$	0,3						0,1						0,1						0,3					
КСС	Индекс помещения i																							
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
М	35	50	61	73	83	95	34	47	56	66	75	86	26	36	46	56	67	80	32	45	55	67	74	84
Д-1	36	50	58	72	81	90	36	47	56	63	73	79	28	40	49	59	68	74	36	48	57	66	76	85
Д-2	44	52	68	84	93	103	42	51	64	76	84	92	33	43	56	74	80	76	42	51	65	71	90	85
Г-1	49	60	75	90	101	106	48	57	71	82	89	94	42	52	69	78	73	76	45	56	65	78	76	84
Г-2	58	68	82	96	102	109	55	64	78	86	92	96	48	60	73	84	90	94	55	66	80	92	98	103
Г-3	64	74	85	95	100	105	62	70	79	86	90	93	57	66	76	84	83	91	63	72	83	91	96	100
Г-4	70	77	84	90	94	99	65	71	78	83	86	87	62	69	76	81	84	85	68	73	81	87	91	94
К-1	74	83	90	96	100	106	69	76	83	88	91	92	65	73	81	86	89	90	70	78	86	92	96	100
К-2	75	84	95	104	108	115	71	78	87	95	97	100	67	75	84	93	97	100	72	80	91	99	103	108
К-3	76	85	96	106	110	116	73	80	90	94	99	102	68	77	86	95	98	101	74	83	93	101	106	110
Л	32	49	59	71	83	91	31	46	55	65	74	83	24	40	50	62	71	77	32	47	57	69	79	90
Л-Ш																								
Ш																								

Продолжение табл. 9.14

$\rho_{пот}$	0,5						0,5						0,3						0					
$\rho_{ст}$	0,5						0,3						0,1						0					
$\rho_р$	0,1						0,1						0,1						0					
	Индекс помещения i																							
	0,6	0,8	1,25	2,0	3,0	5,0	0,6	0,8	1,25	2,0	3,0	5,0	0,6	0,8	1,25	2,0	3,0	5,0	0,6	0,8	1,25	2,0	3,0	5,0
М	31	43	53	63	72	80	23	36	45	56	65	75	17	29	38	46	58	67	16	28	38	46	55	65
Д-1	34	47	54	63	70	77	27	40	48	55	65	73	27	35	42	52	61	68	21	33	40	49	58	66
Д-2	40	48	61	74	82	84	33	42	52	69	75	86	28	36	48	63	75	81	25	33	47	61	70	78
Г-1	44	53	69	77	83	80	41	48	64	76	70	88	35	45	60	73	68	77	34	44	56	71	68	74
Г-2	53	63	76	85	90	94	48	58	72	83	86	93	43	54	68	79	85	90	43	53	66	77	82	86
Г-3	61	68	78	84	88	91	57	65	75	83	86	90	53	62	73	80	84	86	53	61	71	78	82	85
Г-4	65	71	78	81	84	85	62	68	74	81	83	85	61	66	72	78	81	83	59	65	71	78	80	81
К-1	68	77	83	86	89	90	64	73	80	86	88	90	62	71	77	83	86	88	60	69	77	84	85	86
К-2	71	78	87	93	98	99	68	74	84	92	93	99	68	72	80	89	93	97	65	71	79	88	92	95
К-3	72	79	88	94	97	99	68	76	85	93	95	99	64	73	83	90	94	97	64	72	81	88	91	94
Л	30	45	55	65	70	78	24	40	49	60	70	76	20	35	44	48	65	69	17	33	42	53	63	70
Л-Ш																			12	26	35	47	58	68
Ш																			9	17	25	36	49	62

Таблица 9.15. **Зональные множители для расчета коэффициентов использования** ($l/h=0,4$ — пример)

$\rho_{пот}$	0,7						0,7					
$\rho_{ст}$	0,5						0,5					
$\rho_р$	0,3						0,1					
	0,6	**0,8**	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Зоны	Зональные множители, $\times 10^2$											
0—10°	10,3	10,4	10,7	11	11	11,5	9,7	9,7	10	10	10	10
10—20	24	26	28	30	32	33	22	24	26	28	29	29
20—30	33	38	44	48	50	54	31	35	40	44	46	47
30—40	32	42	55	61	67	72	30	40	48	55	60	63
40—50	27	43	60	72	80	86	26	40	56	65	71	76
50—60	21	32	66	76	87	97	21	30	52	68	77	85
60—70	21	25	48	70	86	103	21	24	44	63	77	90
70—80	22	26	33	49	70	96	22	25	31	44	63	84
80—90	23	27	34	42	46	62	23	26	32	37	41	54
	Зональные множители для $\Phi_{\triangle}$											
90—180 $K_{п,р}$	0,3	0,38	0,49	0,60	0,68	0,75	0,28	0,36	0,46	0,54	0,60	0,66
90—180 $K'_{п,р}$	0,24	0,31	0,43	0,55	0,64	0,73	0,22	0,29	0,41	0,50	0,57	0,64

$\rho_{пот}$	0,5						30						0					
$\rho_{ст}$	0,3						0,1						0					
$\rho_р$	0,1						0,1						0					
	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Зоны	Зональные множители $\times 10^2$																	
0—10°	9,6	9,6	10	10	10	10	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,7	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
10—20	21	23	25	27	28	28	21	23	24	26	27	28	20	22	24	27	27	27
20—30	28	33	39	43	44	46	27	31	37	42	43	45	26	31	36	40	42	44
30—40	25	35	44	52	57	60	22	32	41	49	55	59	21	31	40	48	54	57
40—50	19	34	50	61	67	72	14	29	46	57	65	71	12,3	28	44	55	63	68
50—60	11	20	43	61	71	80	4,3	13	37	55	67	77	2,7	11	35	54	64	74
60—70	9	11	32	53	68	84	2	3,0	23	46	52	79	0	0	21	43	58	76
70—80	9,5	11,6	15	28	48	75	2,1	3,2	3,2	15	38	67	0	0	0	11,6	34	63
60—90	10	12	15	18	19	35	2,2	3,3	3,3	4,4	5,4	21	0	0	0	0	0	15
	Зональные множители для $\Phi_{\triangle}$																	
90—180 $K_{п,р}$	0,16	0,21	0,28	0,35	0,40	0,44	0,08	0,11	0,15	0,19	0,22	0,25	0	0	0	0	0	0
90—180 $K'_{п,р}$	0,11	0,16	0,24	0,31	0,36	0,42	0,05	0,07	0,12	0,16	0,20	0,24	0	0	0	0	0	0

Для помещений с $a/b \geqslant 10$ можно считать $i=b/h$.

При расчетах по методу коэффициента использования необходимый поток каждого светильника Ф определяется по формуле

$$\Phi = \frac{EK_з Az}{N\eta},$$

где E — заданная минимальная освещенность, лк; $K_з$ — коэффициент запаса; A — освещаемая площадь, м²; z — отношение $E_{ср}/E_{min}$; N — число светильников (намеченное до расчета). По найденному Ф выбирается ближайшая стандартная лампа в пределах допусков $-10 \div +20$ %. Если такое приближение не реализуется, то корректируется число светильников. При заданном потоке лампы формула решается относительно N. При расчетах люминесцентного освещения, если намечено число рядов n, которое подставляется в формулу вместо N, под Ф следует понимать поток ламп одного ряда.

Коэффициент z является функцией многих параметров, но для ОУ, в которых можно не учитывать фактор затенения, в наибольшей мере он зависит от отклонения величины L/h (L — расстояние между ОП) от наивыгоднейшего. В [26] рекомендуется $z=1,15$ для ламп накаливания и ДРЛ и 1,1 для ЛЛ при расположении светильников в линии, если выдержано наивыгоднейшее L/h. При отраженном освещении $z=1,0$.

По мере того как число типов ОП, применяемых в практике, возрастает, обращение к таблицам, рассчитанным для каждого ОП, затрудняется. Часто появление новой модификации ОП опережает публикации таблиц значений η для таких ОП. Такое положение привело к тенденции использования унифицированных таблиц и к разработке еще более упрощенных методов расчета. Предложенная новая классификация круглосимметричных КСС [9.5] охватывает практически все известные ОП такого типа.

В табл. 9.14 приводятся значения η для КСС по приведенной классификации. При расчетных операциях с конкретными типами ОП надлежит определить η следующим путем:

а) по каталожным данным ОП для условной лампы 1000 лм определить в процентах от потока лампы потоки в нижнюю ($\Phi_{\smile}$) и верхнюю ($\Phi_{\triangle}$) полусферы (см. табл. 9.15);

Таблица 9.16. **Зональные множители для расчета коэффициентов использования ($l/h=1{,}0$ — пример)**

$\rho_{пот}$	0,7						0,7					
$\rho_{ст}$	0,5						0,5					
$\rho_р$	0,3						0,1					
i	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Зоны	Зональные множители, $\times 10^2$											
0—10°	10,3	10,4	10,7	11	11	11,5	9,7	10	10	10	10	10
10—20	30	30	32	33	33	34	29	29	29	29	30	30
20—30	44	46	47	52	53	55	42	43	46	47	48	49
30—40	24	37	51	61	66	71	24	35	47	55	69	63
40—50	26	40	57	71	79	85	25	38	53	64	70	75
50—60	19	32	56	75	87	97	19	31	52	68	78	85
60—70	21	25	41	68	85	100	21	24	38	62	76	88
70—80	22	26	33	47	69	92	22	25	31	43	62	81
80—90	23	27	34	41	47	59	23	26	32	37	42	52
90	24											
Зональные множители для $\Phi_{\triangle}$												
90—180 $K_{п,р}$	0,30	0,38	0,49	0,60	0,68	0,75	0,28	0,36	0,46	0,54	0,60	0,66
90—180 $K'_{п,р}$	0,24	0,31	0,43	0,55	0,64	0,73	0,22	0,29	0,41	0,50	0,57	0,64

Продолжение табл. 9.16

$\rho_{пот}$	0,5						0,3						0					
$\rho_{ст}$	0,3						0,1						0					
$\rho_р$	0,1						0,1						0					
i	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5	0,6	0,8	1,25	2	3	5
Зоны	Зональные множители, $\times 10^2$																	
0—10	9,6	9,6	9,7	10	10	10	9,5	9,5	9,6	9,6	9,7	9,7	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
10—20	29	29	29	29	29	29	28	28	29	29	29	29	28	28	28	28	28	28
20—30	41	42	44	46	46	48	40	42	44	45	46	47	40	42	43	44	45	45
30—40	17	29	42	52	56	60	14	26	39	49	54	58	13	25	38	48	52	56
40—50	17	31	47	60	66	72	12	26	42	55	63	69	11	25	41	54	61	67
50—60	8	20	43	61	71	80	1,8	14	37	56	67	77	0	11,7	35	54	64	74
60—70	9	11	25	51	67	81	2	3	16	42	61	76	0	0	13	40	58	74
70—80	9,5	11,6	15	26	18	70	2,1	3,2	3,2	13	37	62	0	0	0	9,5	32	58
80—90	10	12	15	18	22	31	2,2	3,3	3,3	4,4	6,4	17	0	0	0	0	1,1	1,1
90																		
Зональные множители для $\Phi_{\triangle}$																		
90—180 $K_{п,р}$	0,16	0,21	0,28	0,35	0,40	0,44	0,08	0,11	0,15	0,19	0,22	0,25	0	0	0	0	0	0
90—180 $K'_{п,р}$	0,11	0,16	0,24	0,31	0,36	0,42	0,05	0,07	0,12	0,16	0,20	0,24	0	0	0	0	0	0

б) первый показатель умножить на значение $\eta_п$ из табл. 9.14;

в) второй — умножить на коэффициент из табл. 9.15.

Сумма произведений по «б» и «в» дает искомое значение η.

Для использования табл. 9.14 применительно к известным типам ОП необходимо по табл. 9.5 найти номер соответствующей классификационной кривой и умножить найденное значение $\eta_п$ на указанное в этой таблице значение η.

В массовой справочной литературе, как правило, приводятся конечные таблицы значений η для разных светильников, поскольку вычисление этого коэффициента — дополнительная работа. Практика показала, что для одного значения i и $\rho_{пот}$, $\rho_{ст}$, $\rho_р$ с настольными ЭВМ и при наличии указанных выше таблиц задача определения η сводится к очень малым затратам времени. Поэтому такой расчет в реальной практике может найти применение для ОП, не охваченных известными таблицами.

Для этого по таблицам зональных множителей [13] η определяется так:

1) зональные потоки находят умножением сил света на зональные телесные углы;

2) умножением зональных потоков на коэффициенты Джоиса — Нейдхарта (для примера табл. 9.16) и суммированием произведений определяется первичный поток, падающий на расчетную поверхность;

3) первичный поток, падающий на стены, определя-

ется как разность между потоком светильника в нижнюю полусферу и первичным потоком, падающим на расчетную плоскость, а первичный поток на потолок (реальный или условный) принимается равным потоку светильника в верхнюю полусферу.

При использовании ОП с несимметричными КСС задача определения зональных потоков усложняется. В [25] приводятся характерные значения η для светильников такого типа.

Для решения некоторых расчетных задач удобно пользоваться упрощенной формой метода коэффициента использования, представляемой в виде таблиц удель-

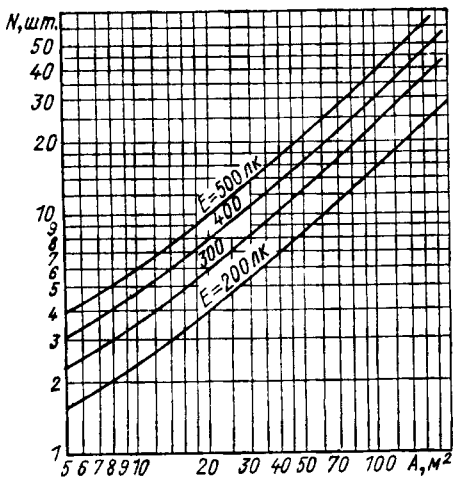


Рис. 9.29. Зависимость количества светильников типа ПЛВМ 2×40 от площади помещения.

ной мощности [26]. Такие таблицы составлены для определенных значений E, они не учитывают форму помещения. При их составлении принимается, что $i = 0{,}48\sqrt{A}/h$, что справедливо для условий $a/b \leqslant 2{,}5$. Обычно они рассчитываются для сочетаний $\rho_{пот} = 50\ \%$, $\rho_{ст} = 30\ \%$ и $\rho_р = 10\ \%$. При пользовании таблицами для удлиненных помещений следует определить значение W, Вт/м², для условной площади $2b^2$ и распространить это значение на всю площадь помещения. Так как

$$W = P\frac{N}{A},$$

где P — мощность лампы, Вт; N — число ламп, шт.; A — освещаемая площадь, м², то для ламп накаливания и ДРЛ мощность ламп может варьироваться, а при люминесцентных лампах таблицы рассчитываются для каждого типа ламп.

Линейная зависимость для числа светильников от заданной минимальной освещенности и освещаемой площади позволяет представлять функцию $N = f(E, A)$ для каждого типа СП в виде семейства линий одного параметра в координатной системе двух остальных. Такие графики, представленные для примера на рис. 9.29, находят применение для решения задач, характерных ограничениями, принятыми и для способа расчета по таблицам удельной мощности.

Как правило, расчеты методом коэффициента использования выполняются при проектировании ОУ конторских, служебных и других рабочих помещений с относительно небольшой высотой (до 6—8 м) и единичной площадью (до 500 м²).

Выше были приведены способы расчета средней освещенности с помощью таблиц, позволяющих вести расчет относительно горизонтальной поверхности, параллельной полу помещения. В проектной практике часто возникает необходимость определять освещенность (яркость) стен, потолка и других поверхностей в помещении. Для этой цели наиболее употребительным является метод коэффициента использования [27, 9.6].

9.4. РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

9.4.1. РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Цилиндрическая освещенность $E_ц$, характеризующая насыщенность помещения светом, определяется как средняя плотность светового потока на поверхности

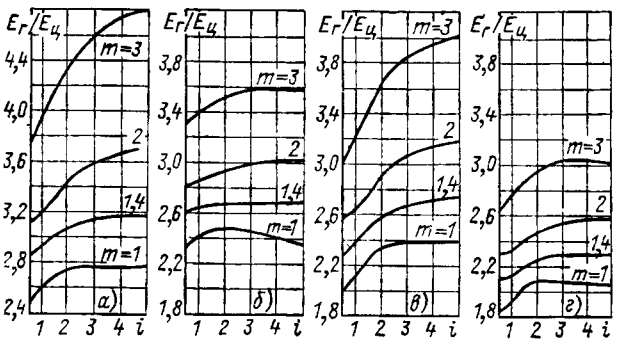


Рис. 9.30. График для расчета цилиндрической освещенности. $а$ — $\rho_{ст}=0{,}3$; $\rho_р=0{,}1$; $б$ — $\rho_{ст}=0{,}3$; $\rho_р=0{,}3$; $в$ — $\rho_{ст}=0{,}5$; $\rho_р=0{,}1$; $г$ — $\rho_{ст}=0{,}5$; $\rho_р=0{,}3$.

вертикально расположенного цилиндра, радиус и высота которого стремятся к нулю. Расчет цилиндрической освещенности производится инженерными методами [13]. Значение $E_ц$ определяется на расстоянии 1 м от торцевой стены на центральной продольной оси помещения на высоте 1,5 м от пола.

Цилиндрическая освещенность от отдельных светильников легко определяется делением вертикальной освещенности в плоскости, перпендикулярной проекции луча, на π.

Определение показателя $E_ц$ базируется в инженерном методе расчета на следующих допущениях:

1) поверхность помещения (потолок, пол, стены) выше контрольной точки и стены ниже ее принимаются диффузными, равнояркими по всей площади;

2) все множество светильников замещается равнояркой поверхностью, каждый элемент которой имеет светораспределение светильника;

3) светораспределение светильника аппроксимируется формулой вида

$$I_\alpha = I_0 \cos^m \alpha.$$

Значение m может быть определено по формуле

$$m = \frac{2\pi I_0}{\Phi_\smile} - 1,$$

где $\Phi_\smile$ — поток светильника в нижнюю полусферу, равный для светильников прямого света 1000×КПД светильника.

Для практических расчетов приводится график (рис. 9.30), составленный по данным [13] с учетом классификации по табл. 9.7.2.

В тех случаях, когда при светлых потолках светильники излучают 10—20 % светового потока в верхнюю полусферу, значение $E_ц$ несколько возрастает. Ввиду уже принятых многочисленных допущений и приближений в методике расчета $E_ц$ можно учитывать возрастание $E_п$ в процентах к полученному результату расчета по эмпирической формуле

$$\Delta E_ц\% = 20\rho_р m \frac{\Phi_\frown}{\Phi_\smile}.$$

В случаях, не охваченных изложенной методикой, расчет может производиться по рекомендациям [26].

9.4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ

Газоразрядные лампы, питаемые от сети переменного тока 50 Гц, создают пульсацию светового потока с частотой 100 Гц, могущую создавать недопустимые для восприятия пульсации освещенности.

Коэффициент пульсации освещенности определяется по формуле (8.13).

Нормами проектирования [44] предусмотрено ограничение значений $K_п$ при освещении помещений ГЛ, питаемыми переменным током частотой до 400 Гц, в пределах $E_п = 10 \div 30$ %. Для некоторых помещений общественных сооружений и жилых зданий, указанных в упомянутых нормах, значения $K_п$ не ограничиваются. В [13] подробно описана методика расчета $K_п$ для ламп массового назначения. Учитывая стандартность промышленной частоты переменного тока 50 Гц при

Таблица 9.17. **Условия, при которых соблюдаются нормированные значения коэффициента пульсации**

Расположение светильников и схема включения ламп	Нормированные значения коэффициента пульсации, %
Лампы типа ДРЛ:	
совместная установка двух ламп разных фаз	30
совместная установка трех ламп разных фаз	10—30
Люминесцентные лампы при любом расположении светильников:	
число ламп в светильнике, кратное трем, с равномерным распределением между фазами сети	10—30
число ламп в светильнике, кратное двум, с включением половины ламп по схеме опережающего и половины по схеме отстающего тока:	
лампы ЛБ и ЛТБ	10—30
лампы ЛХБ	15—30
лампы ЛДЦ	20—30
лампы ЛД	30
любое число ламп в светильнике и любая схема включения:	
лампы ЛБ и ЛТБ	30
прочие лампы	30
Сплошные линии светильников и при шаге светильников до 2 м:	
трехфазные линии с поочередным включением светильников на разные фазы сети; любые лампы и схемы	10—30
то же, но двухфазные линии:	
лампы ЛБ и ЛТБ	10—30
лампы ЛХБ	25—30
лампы ЛДЦ и ЛД	20—30
двухфазные линии с поочередным включением светильников на разные фазы сети: число ламп в светильнике, кратное двум, с включением половины ламп по схеме опережающего и половины — по схеме отстающего тока: лампы всех типов	10—30

Таблица 9.18. **Предельные расстояния между светильниками с лампами типа ДРЛ, при которых обеспечиваются нормированные значения $K_п$**

Число рядов	Расположение и фазирование светильников	Наибольшие значения l/h, при которых обеспечиваются $K_п$, %, не более				
		10	10	15	20	30
	Светильники группы 16					
1	Одиночные светильники А—В—С—А—В—С	—	0,45	0,6	0,7	0,9
	Сдвоенные светильники АВ—СА—ВС— АВ—СА—ВС	—	0,8	1,1	1,3	1,8
2 и более	Одиночные светильники	0,3	0,7/0,9	1,0/1,1	1,2/1,4	1,8
	первый ряд	0,6	0,6	0,9	1,1	1,6
	А—В—С—А—В—С	0,9	0,35/0,5	0,7	0,95	1,2
						1,3
	второй ряд	1,2	0,3/0,5	0,65	0,8	1,1
	В—С—А—В—С—А	1,8	0,2/0,45	0,6	0,75	1,0
	и т. д.					
2 и более	Сдвоенные светильники	0,3	0,8/0,4	1,2/1,4	1,8	1,8
	первый ряд	0,6	0,8/0,4	1,2	1,8	1,8
	АВ—СА—ВС— АВ—СА—ВС	0,9	0,8/0,4	1,15	1,7/1,8	1,8
	второй ряд	1,2	0,8/0,4	1,1	1,6/1,7	1,8
	ВС—АВ—СА— ВС—АВ—СА	1,8	0,8/0,4	1,1	1,4/1,6	1,8
	и т. д.					
	Светильники группы 14					
1	Одиночные светильники А—В—С—А—В—С	—	0,45	0,5	0,6	0,7
	Сдвоенные светильники АВ—СА—ВС— АВ—СА—ВС	—	0,55	0,75	0,95	1,2
2 и более	Одиночные светильники	0,3	0,55/0,75	0,7/0,9	0,9/1,0	1,2
	первый ряд	0,45	0,5/0,65	0,65/0,75	0,8/0,9	1,2
	А—В—С—А—В—С	0,6	0,5	0,65	0,75	1,1
	второй ряд	0,75	0,45	0,6	0,7	0,85
	В—С—А—В—С—А	0,9	0,4	0,5	0,65	0,8
	и т. д.	1,2	0,4	0,45	0,6	0,7
2 и более	Сдвоенные светильники	0,3	0,6/0,5	0,9/0,7	1,2/1,0	1,2
	первый ряд	0,45	0,6/0,5	0,85/0,7	1,2/1,0	1,2
	АВ—СА—ВС— АВ—СА—ВС	0,6	0,6/0,5	0,85/0,7	1,2/1,0	1,2
	второй ряд	0,9	0,6/0,5	0,8/0,7	1,1/1,0	1,2
	ВС—АВ—СА— ВС—АВ—СА	1,2	0,6/0,5	0,7	1,0	1,2
	и т. д.					

решении расчетных светотехнических задач, нет необходимости производить определение $K_п$, а достаточно пользоваться уже рассчитанными таблицами и нижеприведенными рекомендациями:

1. Нормативное значение $K_п = 20$ % обеспечивается при условии, если половина ламп в светильниках с ЛЛ типов ЛБ, ЛХБ, ЛДЦ включена по схеме опережающего и половина — по схеме отстающего тока (ПРА: 1УБИ+1УБЕ, 1АБИ+1АБЕ, 2УБК, 2АБК). Если не соблюдается условие питания части ЛЛ отстающим, а части опережающим током, то условия, при которых обеспечивается $K_п = 20$ %, приведены в табл. 9.17.

Для наиболее распространенных светильников с лампами типа ДРЛ в табл. 9.18 указаны для различных случаев расположения и фазирования светильников предельные отношения между светильниками l к расчетной высоте h, при которых соблюда-

Таблица 9.19. Значения коэффициента пульсации в установках при условном значении $K_{п,и}=100\ \%$ (освещенности указаны в процентах по отношению к фазе, лампы которой создают наибольшую освещенность)

Освещенность от ламп третьей фазы	Значения $K_п$ при освещенности от ламп второй фазы									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
0	42,3	45,0	48,0	51,2	54,5	59,9	64,9	71,5	79,3	88,5
10	37,4	39,4	41,8	44,9	47,8	52,3	56,9	62,6	89,0	77,4
20	32,3	34,4	36,8	39,4	41,5	45,2	49,5	54,8	60,8	
30	27,8	30,0	32,3	34,8	36,9	40,2	44,2	48,9		
40	23,4	25,9	27,9	30,2	32,6	35,4	39,2			
50	19,8	22,2	24,2	26,3	28,5	31,4				
60	17,2	19,2	21,2	23,4	25,7					
70	14,8	16,6	18,4	20,9						
80	12,4	14,2	16,3							
90	10,4	12,3								
100	8,9									

Таблица 9.20. Значения коэффициента пульсации в установках с лампами типа ДРЛ при значении $K_{п,и}=65\ \%$ (освещенности указаны в процентах по отношению к фазе, лампы которой создают наибольшую освещенность)

Освещенность от ламп третьей фазы	Значения $K_п$ при освещенности от ламп второй фазы									
	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
0	31,0	31,2	31,4	32,1	33,9	36,7	40,0	44,2	48,8	56,8
10	25,8	25,9	26,3	27,1	28,7	31,2	34,2	38,2	43,3	49,5
20	22,5	21,7	22,0	22,7	24,3	26,5	29,4	32,9	37,6	
30	17,5	17,6	17,9	18,9	20,4	22,6	25,5	28,8		
40	14,0	14,0	14,5	15,8	17,5	19,8	22,3			
50	10,8	10,8	11,5	12,9	14,7	17,0				
60	8,6	8,7	9,3	10,3	12,2					
70	6,6	6,7	7,3	8,4						
80	5,5	5,6	6,1							
90	4,9	4,9								
100	4,7									

Таблица 9.21. Значения $K_{п,и}$ для различных типов ЛЛ и различных способов их включения

Тип лампы	Значения $K_{п,и}$, %, для			
	одной ЛЛ	двух ЛЛ в схеме отстающего и опережающего тока	двух ЛЛ разных фаз	трех ЛЛ разных фаз
ЛБ и ЛТБ	25	10,5	10	2,2
ЛХБ	35	15	15	3,1
ЛДЦ	40	17	17	3,5
ЛД	55	23	23	5
ДРЛ	65	—	31	5
ДКсТ	130	—	65	5
МГЛ	40	—	—	—
НЛВД	75	—	—	—

ются нормированные значения $K_п$. Через l в таблицах обозначено расстояние между рядами. В случаях, когда l/h указано в виде дроби, числитель относится к полям прямоугольной формы, знаменатель — к шахматному расположению светильников.

В случаях, не отраженных в табл. 9.17 и 9.18, производится индивидуальная проверка $K_п$ под одним из светильников крайнего ряда [25] по табл. 9.19 и 9.20.

В указанной точке определяется отдельно освещенность, создаваемая светильником каждой фазы. Наибольшее принимается за 100 %. Остальные два выражаются в долях этой величины.

Для ламп типа ДРЛ $K_п$ определяется непосредственно по таблице, для люминесцентных ламп табличное значение умножается на коэффициент пульсации светового потока $K_{п,и}$ (8.12) для данного типа ламп.

Значения $K_{п,и}$ для разных типов ламп приведены в табл. 9.21.

9.4.3. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ОСЛЕПЛЕННОСТИ

Слепящее действие промышленных ОУ регламентируется показателем ослепленности P. Инженерный метод проверки соответствия ОУ требованиям норм по ограничению ослепленности заключается в использовании таблиц максимально допустимых значений l/h. В табл. 9.22 дана классификация светильников по светотехническим параметрам, влияющим на создаваемую ими ослепленность.

Ниже приводятся основные положения инженерного метода.

Показатель ослепленности ОУ определяется формулой

$$P=\frac{K\cdot 10^3}{L_{р.п}}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{I_{\gamma i}\cos\theta_i}{l_i^2\theta_i^2}\right)^{3/2}\right]^{2/3}, \qquad (9.8)$$

где K — коэффициент, зависящий от яркости и спектрального состава излучения источника света: $K=(3\lg L-8{,}54)a$ — для светильников с яркостью менее 10^6 кд/м², $K=9{,}46a$ — для светильников с яркостью более 10^6 кд/м² (L — яркость светильника, максимальная в направлении к глазу наблюдателя; a — коэффициент неэквивалентности, характеризующий увеличение слепящего действия источника света по сравнению с лампой накаливания: $a=1{,}0$ для ЛН, $a=1{,}1$ для ламп МГЛ, $a=1{,}6$ для ДРЛ, $a=1{,}4$ для ЛЛ типов ЛБ, ЛХБ, ЛТБ, ЛЕ, $a=1{,}7$ для ЛЛ типов ЛД, ЛДЦ); $I_{\gamma i}$ — сила света i-го светильника в направлении к глазу наблюдателя, кд; θ_i — угол действия i-го блеского источника, град; l_i — расстояние i-го блеского источника от наблюдателя, м; n — число светильников, учитываемых при расчете; $L_{р.п}$ — яркость рабочей поверхности, кд/м².

Суммарный показатель ослепленности ОУ является в общем случае функцией следующих величин: 1) параметров ОУ (высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью h и относительного расстояния между светильниками l/h); 2) параметров светильников (их светораспределения, яркости, защитного угла и спектрального состава излучения ИС); характеристик освещаемого помещения (длины и ширины, определяющих число светильников, находящихся в поле зрения; коэффициента отражения рабочей поверхности, определяющего ее яркость).

Показатель ослепленности, определяемый по формуле (9.8), пропорционален яркости вуалирующей пелены β, создаваемой блескими источниками, и обратно пропорционален освещенности рабочей поверхности. Расчеты показали, что с изменением высоты подвеса светильников порядок изменения β и E одинаков, P изменяется на 20—40 %. Такое изменение P существенно меньше перепада между его нормируемыми значениями 20, 40, 60. Поэтому высота подвеса светильников не может являться единственным критерием ограничения слепящего действия ОУ. С увеличением l/h при постоянной высоте подвеса светильников освещенность рабочей поверхности снижается существенно резче, чем β, это приводит к значительному росту P. Так, при увеличении l/h от 0,9 до 1,5 уровень E в зависимости от светораспределения светильников снижается в 2—2,5 раза, в то время как β — на 20—25 %. Таким образом, P растет очень резко при увеличении l/h. На рис. 9.31

Таблица 9.22. **Группировка светильников по светотехническим параметрам**

Номер группы	Тип КСС по ГОСТ 13828-74	Защитный угол, не менее, в плоскости		Примеры светильников
		поперечной	продольной	
		Светильники с ЛЛ		
1	К, Г	30°	—	ЛСП13
2	Д	15	—	ЛД, ПВЛМ, ЛСП02, ЛСП06
3	Д	15	15°	ЛД, ЛД, ОДР, ПВЛМ, ЛСП02, ЛСП06
4	Д	30 (условный)	30	ШОД, ЛСО02
5	Д	90 (условный)	90 (условный)	ВЛВ, ПВЛ1, ПВЛП, УСП, ЛВП31, ЛВП33
6	Д	15 (условный)	—	ПВЛМ с лампами ЛБР и ЛХБР
7	Д	15 (условный)	15	ПВЛМ с лампами ЛБР и ЛХБР и решеткой
8	Л	30	30	ЛСП13
		Светильники с ЛН, ДРЛ и МГЛ		
11	К	30	30	Гк, ГСП10
12	К	15	15	СЗ5ДРЛ, РСП05, РСП13, РСП18
13	Г	30	30	Гс, ГсУ, НСП17, НГСП10
14	Г	15	15	СЗ4ДРЛ, РСП05/Г, РСП08, РСП13, РСП18
15	Д	30	30	ППД2, УПД
16	Д	15	15	«Астра», СД2, ДРЛ, РСП08, РСП05, РСП13, РСП18
17	Л	30	30	С; СУ
18	Л	15	15	РСП08
19	М (с молочным рассеивателем)	90 (условный)	90 (условный)	ПО-02, ПО-21, НСО02
		Лампы-светильники		
21	К	15	15	ДРИЗ
22	К	—	—	ЗК
23	Г	—	—	ЗС
24	Д	—	—	ДРЛР

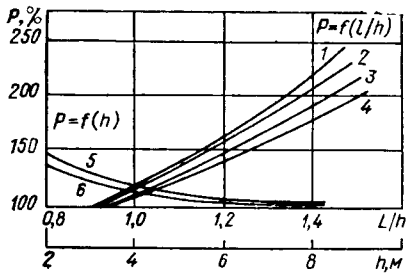


Рис. 9.31. Относительное изменение P в зависимости от l/h и h на примере светильников с ДРЛ.

1 — кривая Г, h=8,8 м; *2* — кривая Г, h=4,8 м; *3* — кривая Г, h=2,8 м; *4* — кривая Д, h=4,8 м; *5* — кривая Г, l/h=0,9; *6* — кривая Д, l/h=1,5.

приведено относительное изменение P в зависимости от высоты установки светильников над рабочей поверхностью h и в зависимости от относительного расстояния между ними l/h на примере светильников с ДРЛ. Аналогичные зависимости характерны и для светильников с другими источниками света. Изложенное позволило выбрать отношение l/h в качестве основного параметра при оценке слепящего действия ОУ (табл. 9.23—9.26).

При необходимости обеспечения регламентируемых нормами качественных показателей при высоких уровнях освещенности значение l/h может быть меньше оптимального; значения l/h более оптимальных могут иметь место при малых уровнях освещенности. Поэтому в табл. 9.23—9.26 l/h приводятся в широком диапазоне значений.

Изменение P в зависимости от светораспределения блеских источников, характеризуемых типовыми КСС — см. разд. 5, показано на рис. 9.32 на примере светильников с ДРЛ. С «расширением» КСС увеличивается доля светового потока, попадающего в глаза наблюдателя, и уменьшается его доля, падающая на рабочую поверхность, что приводит к росту P. Поэтому в излагаемом методе требования к ограничению ослепленности приведены для типовых КСС.

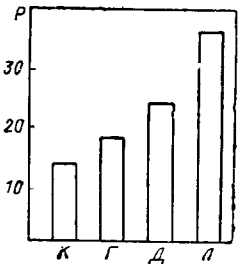


Рис. 9.32. Зависимость показателя ослепленности P от светораспределения светильников с лампами ДРЛ (К, Г, Д, Л — типовые КСС).

Показатель ослепленности ОУ заметно изменяется в зависимости от мощности ИС лишь для ЛЛ, у которых яркость существенно возрастает с ростом мощности. Это нашло отражение в соответствующих таблицах. У ДРЛ с ростом мощности яркость изменяется меньше, при расчете P ее можно принять постоянной с погрешностью не более 7 %, что вполне приемлемо для инженерного метода расчета. Для открытых светильников с ЛН и МГЛ показатель ослепленности вообще не зависит от мощности. Для светильников с типовой кривой М таблица 9.24 учитывает их мощность. Для светильников с ЛЛ разной цветности P различен, что учтено при составлении таблиц.

Характер зависимости P от количества светильников в поле зрения определяется их светораспределением и защитным углом. Однако максимальный размер помещения во всех случаях может быть ограничен ($15h$). Анализ реальных производственных интерьеров показал, что при большей длине помещений выходные отверстия светильников, как правило, экранируются строительными конструкциями и инженерными коммуникациями.

Отражающие свойства рабочей поверхности определяют уровень яркости фона при постоянной освещенности. Показатель ослепленности обратно пропорционален коэффициенту отражения рабочей поверхности. Таблицы 9.23—9.26 составлены для двух значений коэффициента отражений рабочей поверхности. Для подразряда «а» разрядов I—V, т. е. темного фона, коэффициент отражения рабочей поверхности принят равным 0,1; тот же коэффициент отражения принят и для разрядов VI и VIIIа с учетом наличия в таких помещениях большого количества темных поверхностей, малых уровней освещенности и повышенной опасности производственного травматизма. Во всех остальных случаях принят коэффициент отражения $\rho = 0{,}2$, что соответствует минимальному значению яркости для среднего фона.

Показатель ослепленности неоднаков в разных точках помещения. Эта зависимость резко выражена для светильников с типовыми кривыми К и Г и существенно меньше — для светильников с кривыми Д и Л. Таблицы 9.23—9.25 составлены для «наихудшей» по слепящему действию точки помещения — между первым и вторым светильниками крайнего ряда.

Приводимый метод контроля слепящего действия промышленных ОУ позволяет определить максимально

Таблица 9.23. **Расчет слепящего действия ОУ с ДРЛ**

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимально допустимое значение l/h при P=20, разряд работ [44]: Ia, IIa	Ib, в, г, IIб, в, г	P=40: IIIa, IVб, в, г, Iб, в, г	IIIб, в, г, IVб, в, г, Vб, в, г	P=60: VI, VIIIa
12	1,7	0,7	+	+	+	+
	2,4	0,8	+	+	+	+
	3,4—10	1,0	+	+	+	+
	12	+	+	+	+	+
14	1,7	0,6	1,1	1,1	+	+
	2,4	0,7	1,2	1,2	+	+
	3,4	0,9	1,3	1,3	+	+
	4,8—10	1,0	+	+	+	+
	12,0	+	+	+	+	+
16	1,7	—	1,0	1,0	+	1,4
	2,4	—	1,1	1,0	+	1,5

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимально допустимое значение l/h при P=20, разряд работ [44]: Ia, IIa	Iб, в, г, IIб, в, г	P=40: IIIa, IVб, в, г, Iб, в, г	IIIб, в, г, IVб, в, г, Vб, в, г	P=60: VI, VIIIa
16	3,4	0,7	1,3	1,3	+	+
	6,4	0,8	1,4	1,4	+	+
	7,6	1,0	+	+	+	+
	8,8	1,2	+	+	+	+
	10,0	+	+	+	+	+
18	1,7	—	—	—	1,5	1,2
	2,4	—	0,9	0,9	1,7	1,4
	3,4	—	1,1	1,1	1,9	1,6
	4,0	—	1,1	1,1	+	1,6
	4,8	—	1,2	1,2	+	1,6
	5,8	—	1,2	1,2	+	1,7

Примечание. Знак — означает, что применение светильников не допускается, а +, что допускается при любых значениях.

Таблица 9.24. **Расчет слепящего действия в ОУ с ЛН и ДРИ**

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимально допустимое значение l/h при P=20, разряд работ [44]: Ia, IIa	Iб, в, г, IIб, в, г	P=40: IIIa, IVa	IIIб, в, г, IVб, в, г, Vб, в, г	P=60: VI, VIIIa
11	1,7	+	+	+	+	+
12	1,7	0,6	+	+	+	+
	2,4	0,7	+	+	+	+
	3,4—4,8	0,8	+	+	+	+
	5,2—8,8	0,9	+	+	+	+
	10,0	+	+	+	+	+
13	1,7	0,8	1,2	1,2	+	+
	2,4	0,9	1,3	1,3	+	+
	3,4	1,0	1,3	1,3	+	+
	4,8—6,4	1,0	1,4	1,4	+	+
	7,6	1,0	1,5	1,5	+	+
	8,8	1,1	+	+	+	+
	10,0	+	+	+	+	+
14	1,7	0,5	1,1	1,1	+	1,4
	2,4	0,6	1,2	1,2	+	1,5
	3,4	0,7	1,3	1,3	+	+
	4,8—6,4	0,8	1,3	1,3	+	+
	7,6—8,8	0,9	1,4	1,4	+	+
	10,0	+	+	+	+	+
15	1,7	—	1,0	1,0	+	+
	2,4—3,4	—	1,2	1,2	+	+
	5,2—7,6	—	1,3	1,3	+	+
	8,8—10	—	1,4	1,4	+	+
16	1,7	—	—	—	+	1,1
	2,4	—	—	—	+	1,2
	3,4	—	0,8	0,8	+	1,2
	5,2	—	0,9	0,9	+	1,3

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимально допустимое значение l/h при P=20, разряд работ [44]: Ia, IIa	Iб, в, г, IIб, в, г	P=40: IIIa, IVa	IIIб, в, г, IVб, в, г, Vб, в, г	P=60: VI, VIIIa
16	6,4—7,6	—	0,9	0,9	+	1,4
	8,8	—	1,0	1,0	+	1,4
17	1,7	—	1,0	1,0	+	+
	2,4—3,4	—	1,2	1,2	+	+
	4,8—6,4	—	1,3	1,3	+	+
19*	1,7	—	1,5	1,5	+	+
	2,4	0,7	1,6	1,6	+	+
	2,8	0,9	1,8	1,8	+	+
	3,4	1,1	2,0	2,0	+	+
	4,0	1,2	+	+	+	+
	4,8	1,3	+	+	+	+
19**	1,7	—	1,0	1,0	+	1,6
	2,4	—	1,1	1,1	+	1,7
	3,4	0,7	1,2	1,2	+	2,0
	4,8	0,9	1,5	1,5	+	2,4
	5,8	1,0	1,8	1,8	+	2,6
	6,4	1,1	+	+	+	+
21	1,7	0,5	0,9	0,9	+	+
	2,4	0,6	1,0	1,0	+	+
	2,8—4,0	0,6	1,1	1,1	+	+
	4,8—12,0	0,7	1,2	1,2	+	+
22	1,7	+	+	+	+	+
23	1,7	0,9	+	+	+	+
	2,4	1,0	+	+	+	+
	2,8—4,0	1,1	+	+	+	+
	4,8	1,2	+	+	+	+

* Лампы накаливания мощностью 60—100 Вт.
** Лампы накаливания мощностью 200 Вт.

Примечание. Знак — означает, что применение светильников не допускается, а +, что допускается при любых l/h.

Таблица 9.25. **Расчет слепящего действия в ОУ с ЛЛ типов ЛД и ЛДЦ**

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимальное допустимое значение l/h							
		P=20				P=40			
		Разряд работ [44]							
		Ia, IIa		Iб, в, г, IIб, в, г		IIIa, IVa, Va		IIIб, в, г, IVб, в, г	
		Мощность лампы, Вт							
		40	65, 80	40	65, 80	40	65, 80	40	65, 80
1	1,7	—	—	0,8	—	—	—	1,2	1,0
	2,4	—	—	1,1	—	—	—	+	+
	2,8	—	—	+	0,9	0,8	—	+	+
	3,4	—	—	+	+	1,2	—	+	+
	4,8	—	—	+	+	+	—	+	+
	5,8	—	—	+	+	+	1,0	+	+
	6,4	—	—	+	+	+	+	+	+
	7,6	0,9	—	+	+	+	+	+	+
	8,8	1,2	—	+	+	+	+	+	+
	10,0	+	—	+	+	+	+	+	+
	12,0	+	0,8	+	+	+	+	+	+
2	2,4	—	—	—	—	—	—	1,7	1,2
	2,8	—	—	—	—	—	—	+	+
	3,4	—	—	1,0	—	—	—	+	+
	4,0	—	—	1,1	—	—	—	+	+
	4,8	—	—	1,2	—	—	—	+	+
	5,2	—	—	1,5	0,7	—	—	+	+
	5,8	—	—	1,7	0,8	—	—	+	+
	6,4	—	—	+	1,1	—	—	+	+
	7,6	—	—	+	+	—	—	+	+
3	1,7	—	—	—	—	—	—	1,4	1,3
	2,4	—	—	0,9	0,7	—	—	1,7	1,5
	2,8	—	—	1,3	1,0	—	—	+	+
	3,4	—	—	1,4	1,3	—	—	+	+
	4,0—4,8	—	—	+	+	—	—	+	+
4	1,7	—	—	—	—	—	—	0,7	—
	2,4	—	—	—	—	—	—	1,4	1,1
	2,8	—	—	1,0	0,7	—	—	+	1,7
	3,4	—	—	1,3	1,1	0,7	—	+	+
	4,0	—	—	1,7	1,5	1,0	0,7	+	+
	4,8	—	—	+	+	1,2	1,1	+	+
	5,2	—	—	+	+	1,5	1,3	+	+
	5,8	—	—	+	+	+	1,5	+	+
	6,4	—	—	+	+	+	+	+	+
5	1,7	—	—	0,8	—	0,8	—	1,6	1,2
	2,4	—	—	1,3	1,1	1,3	1,0	+	1,6

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимальное допустимое значение l/h							
		P=20				P=40			
		Разряд работ [44]							
		Ia, IIa		Iб, в, г, IIб, в, г		IIIa, IVa, Va		IIIб, в, г, IVб, в, г	
		Мощность лампы, Вт							
		40	65, 80	40	65, 80	40	65, 80	40	65, 80
5	2,8	—	—	1,6	1,4	1,3	1,1	+	+
	3,4	—	—	+	1,0	1,4	1,2	+	+
	4,0	—	—	+	+	1,4	1,3	+	+
	4,8—5,8	—	—	+	+	1,5	1,4	+	+
	6,4	0,7	0,7	+	+	1,6	1,5	+	+
	7,6	0,9	0,8	+	+	+	1,5	+	+
	8,8	1,1	1,0	+	+	+	1,6	+	+
	10,0	1,3	1,2	+	+	+	+	+	+
6	2,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,4	—	—	—	—	—	—	0,7	—
	4,0	—	—	0,6	—	—	—	1,4	0,9
	4,8	—	—	1,1	0,7	—	—	+	1,6
	5,2	—	—	1,6	1,1	—	—	+	+
	5,8	—	—	+	1,7	0,7	—	+	+
	6,4	—	—	+	+	0,9	0,7	+	+
	7,6	0,7	—	+	+	1,1	0,9	+	+
	8,8	0,9	0,7	+	+	1,3	1,1	+	+
	10,0	1,1	0,9	+	+	1,5	1,2	+	+
7	2,4	—	—	—	—	—	—	+	1,3
	2,8	—	—	—	—	—	—	+	1,5
	3,4	—	—	—	—	—	—	+	1,6
	4,0	—	—	0,7	—	0,7	—	+	+
	4,8	—	—	0,8	—	1,2	0,7	+	+
	5,2	—	—	1,0	—	1,3	0,9	+	+
	5,8	—	—	1,2	0,7	1,4	1,1	+	+
	6,4	0,7	—	1,6	1,0	1,6	1,5	+	+
	7,6	0,9	0,7	+	1,3	+	+	+	+
	8,8	1,0	0,8	+	+	+	+	+	+
	10,0	1,2	1,0	+	+	+	+	+	+
8	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—
	2,4	—	—	1,0	—	—	—	1,3	1,2
	2,8	—	—	1,1	1,0	—	—	1,4	1,3
	3,4	—	—	1,2	1,1	1,0	—	1,5	1,4
	4,8	—	—	1,5	1,3	1,2	1,1	1,7	1,6
	5,8	—	—	1,6	1,4	1,3	1,1	+	1,7
	6,4	—	—	1,6	1,5	1,3	1,2	+	+
	7,6	—	—	1,7	1,6	1,4	1,3	+	+
	8,8	—	—	+	+	1,4	1,3	+	+

Примеч-вие. Знак — означает, что применение светильников данной группы не допускается: а знак +, что допускается при любых значениях *l/h*.

Таблица 9.26. **Расчет слепящего действия в ОУ с ЛЛ типов ЛБ, ЛХБ, ЛТБ и ЛЕ**

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимальио допустнмое значение l/h														
		P=20 Вт			P=40 Вт						P=60 Вт					
		Разряд работ по [44]														
		Ia, IIa			Iб, в, г, IIб, в, г			IIIa, IVa, Va			IIIб, в, г, IVб, в, г, Vб, в, г			VI, VIII a		
		Мощность лампы, Вт														
		40	65, 80	150	40	65, 80	150	40	65, 80	150	40	65, 80	150	40	65, 80	150
1	1,7	—	—	—	0,9	0,8	—	0,8	—	—	+	1,2	1,1	1,1	1,0	0,8
	2,4	—	—	—	+	1,1	1,0	1,1	—	—	+	+	+	+	+	1,2
	2,8	—	—	—	+	+	1,2	1,2	0,8	—	+	+	+	+	+	+
	3,4	—	—	—	+	+	+	+	1,2	—	+	+	+	+	+	+
	4,0	—	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
	4,8	0,9	—	—	+	+	+	+	+	1,0	+	+	+	+	+	+
	5,2—6,4	+	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	7,6	+	0,9	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	8,8	+	1,2	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	10,0	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	12,0	+	+	1,1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продолжение табл. 9.26

Номер группы по табл. 9.22	h, м	Максимально допустимое значение l/h														
		P =20 Вт						P =40 Вт						p =60 Вт		
		Разряд работ по [44]														
		Iа, IIа			Iб, в, г, IIб, в, г			IIIа, IVа, Va			IIIб, в, г, IVб, в, г, Vб, в, г			VI, VIIIа		
		Мощность лампы, Вт														
		40	65,80	150	40	65,80	150	40	65,80	150	40	65,80	150	40	65,80	150
2	2,4	—	—	—	1,1	0,8	—	—	—	—	+	+	1,3	1,6	1,4	—
	2,8	—	—	—	1,8	1,3	—	—	—	—	+	+	1,5	+	1,7	0,9
	3,4	—	—	—	+	1,8	—	—	—	—	+	+	+	+	+	0,9
	4,0	—	—	—	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	0,9
	4,8	—	—	—	+	+	0,7	0,7	—	—	+	+	+	+	+	0,9
	5,2	—	—	—	+	+	+	0,8	—	—	+	+	+	+	+	1,1
	5,8	—	—	—	+	+	+	1,0	—	—	+	+	+	+	+	1,3
	6,4	—	—	—	+	+	+	1,2	0,7	—	+	+	+	+	+	+
	7,6	—	—	—	+	+	+	+	0,8	—	+	+	+	+	+	+
	8,8	—	—	—	+	+	+	+	1,1	—	+	+	+	+	+	+
	10,0	—	—	—	+	+	+	+	1,3	—	+	+	+	+	+	+
	12,0	—	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
3	1,7	—	—	—	1,0	0,8	—	—	—	—	+	+	+	1,4	1,2	—
	2,4	—	—	—	1,4	1,3	—	1,0	0,7	—	+	+	+	1,7	1,4	1,1
	2,8	—	—	—	1,7	1,6	—	1,3	0,9	—	+	+	+	+	1,7	1,3
	3,4	—	—	—	+	+	+	1,5	1,1	—	+	+	+	+	+	1,5
	4,0	—	—	—	+	+	+	+	1,4	—	+	+	+	+	+	1,6
	4,8	—	—	—	+	+	+	+	+	—	+	+	+	+	+	+
4	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	0,9	—	0,7	—	—
	2,4	—	—	—	1,0	0,8	—	—	—	—	1,7	1,5	1,3	1,3	1,1	0,7
	2,8	—	—	—	1,6	1,4	0,7	1,0	0,7	—	+	+	+	+	1,6	1,1
	3,4	—	—	—	+	1,6	1,1	1,3	1,0	0,7	+	+	+	+	+	+
	4,0	0,7	—	—	+	+	+	+	1,3	0,9	+	+	+	+	+	+
	4,8	1,2	1,0	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5,2	+	+	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5	1,7	—	—	—	1,0	—	—	—	—	—	1,4	1,2	0,7	0,9	—	—
	2,4	—	—	—	1,4	0,9	—	0,7	—	—	+	+	1,3	1,4	1,3	1,0
	2,8	—	—	—	1,6	1,2	1,1	1,3	1,0	0,7	+	+	+	+	+	1,3
	3,4	—	—	—	+	1,3	1,3	1,5	1,2	1,0	+	+	+	+	+	1,7
	4,0	0,7	—	—	+	1,5	+	+	+	1,2	+	+	+	+	+	+
	4,8	0,8	0,6	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5,2	1,0	0,7	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5,8	1,2	0,9	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6,4	1,5	1,1	0,7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	7,6	+	1,3	1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	8,8	+	+	1,3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6	2,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	0,7	—	—	—	—
	3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,4	1,1	—	0,7	—	—
	4,0	—	—	—	1,0	0,7	—	—	—	—	1,7	1,5	—	1,2	0,9	—
	4,8	—	—	—	+	1,5	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—
	5,2	—	—	—	+	+	0,7	—	—	—	+	+	+	+	+	—
	6,4	—	—	—	+	+	1,0	—	—	—	+	+	+	+	+	—
	7,6	—	—	—	+	+	1,3	—	—	—	+	+	+	+	+	0,7
	8,8	—	—	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	—
7	2,4	—	—	—	1,0	0,7	—	—	—	—	1,7	1,4	1,1	1,3	0,9	—
	2,8	—	—	—	1,1	0,8	—	—	—	—	+	1,7	1,4	1,7	1,1	—
	3,4	—	—	—	1,3	0,9	—	—	—	—	+	+	1,6	+	1,5	—
	4,0	—	—	—	+	1,2	—	—	—	—	+	+	1,7	+	1,7	—
	4,8	—	—	—	+	+	—	—	—	—	+	+	+	+	+	—
	5,2	—	—	—	+	+	0,7	—	—	—	+	+	+	+	+	0,9
	5,8	—	—	—	+	+	1,0	—	—	—	+	+	+	+	+	1,0
	6,4	—	—	—	+	+	1,2	—	—	—	+	+	+	+	+	1,1
	7,6	—	—	—	+	+	1,6	—	—	—	+	+	+	+	+	1,2
	8,8	—	—	—	+	+	+	—	—	—	+	+	+	+	+	1,6
8	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	1,0	—	—	—	—
	2,4	—	—	—	1,1	1,1	—	1,0	—	—	1,5	1,4	1,2	1,3	1,1	1,0
	2,8	—	—	—	1,3	1,1	1,0	1,1	1,0	—	1,6	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2
	3,4	—	—	—	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	+	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3
	4,8	1,1	1,0		1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	+	+	1,7	1,7	1,6	1,5
	5,8	1,2	1,1	1,0	+	1,6	1,5	1,5	1,3	1,2	+	+	+	+	1,7	1,6
	6,4	1,3	1,1	1,0	+	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	+	+	+	+	+	1,6
	7,6	1,4	1,2	1,1	+	+	1,7	1,6	1,5	1,3	+	+	+	+	+	1,7
	8,8	1,5	1,3	1,2	+	+	+	1,6	1,5	1,4	+	+	+	+	+	+

Примечание. Знак — означает, что применение светильников данной группы не допускается; а знак +, что допускается при любых значениях l/h.

допустимое по ослепленности значение l/h в зависимости от характеристики зрительной работы (разряда и подразряда норм), типа светильника, высоты его установки над рабочей поверхностью и отражающих свойств рабочей поверхности. Метод может быть использован для расчета наиболее массовых ОУ, в которых линия зрения работающих в рабочем положении направлена горизонтальио или ниже горизонта.

В приведенном методе контроля слепящего действия промышленных ОУ приняты следующие допущения: он составлен для типовых КСС по ГОСТ 13828-74; значение l/h указывается для такого направления линии зрения, при котором P наибольший; при расчете яркости рабочей поверхности не учитывался отраженный световой поток; для подразделов «б»—«г» принят коэффициеит отражения рабочей поверхности $\rho = 0{,}2$; не учтено соотношение сторон освещаемого помещения; для осветительных установок, выполиенных с помощью светильников с ЛЛ, при работах разрядов I и II предполагалось, что для создания нормируемой освещенности необходимы сплошные линии светильников, а при работах разрядов III—VIII — линии с разрывами (в расчетах принята длина разрывов, равная половине высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью); значения l/h в табл. 9.23 и 9.24 приведены для квадратных полей расположения световых точек; при их расположении прямоугольными или ромбическими полями $l = \sqrt{l_x l_y}$, где l_x и l_y — расстояния между светильниками соответственно по длине и ширине помещения.

Оценка соответствия ОУ требованиям норм по ограничению ослепленности производится следующим образом:

1. По табл. 9.22 определяется номер группы светильника по типовой КСС и защитному углу (для удобства пользования таблицей в ней для примера приведены типы выпускаемых светильников, относящихся к каждой группе).

2. По табл. 9.23—9.25 для данной группы светильников определяется максимально допустимое значение l/h с учетом разряда и подразряда зрительной работы и высоты установки светильников над рабочей поверхностью. При необходимости установки светильников на высоте, не указанной в табл. 9.23—9.25, допустимое значение l/h может быть найдено путем линейной интерполяции.

При $P = 80$ все светильники при любых l/h удовлетворяют требованиям норм по ограничению ослепленности, если $h \geqslant 2{,}5$ м.

Светильиики с ЛЛ групп 4 и 8 при расположении вдоль линии зрения удовлетворяют требованиям норм по ограничеиию ослепленности при любых значениях P, h и l/h.

Пример расчета. Для освещения цеха, в котором выполняется зрительная работа разряда IIб, использованы светильники типа ПВЛМ с отражателем и двумя ЛЛ типа ЛБ80, устаиовлеиные на высоте 4,8 м над рабочей поверхностью. Светильиики расположены линиями с расстояниями между ними $l/h = 1.2$. Нормируемый показатель ослепленности $P = 40$. Требуется оценить ОУ с точки зрения ее слепящего действия.

1. По табл. 9.22 определяют группу светильников ПВЛМ с отражателем — группа 2.

2. По табл. 9.26, для ЛЛ типа ЛБ и светильников группы 2 находят строку, соответствующую высоте подвеса светильников 4,8 м, и столбец, соответствующий $P = 20$, разряду IIб и мощности ламп 80 Вт. На их пересеченни видим знак +, который означает, что допускается любое значение l/h.

Таким образом, указанная ОУ удовлетворяет требованиям норм по ограннчению ослепленностн.

9.4.4. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЯ ДИСКОМФОРТА

Суммарный показатель дискомфорта (M) при совокупном действии n светильников определяется по формуле М. М. Епанешникова

$$M = \sqrt{\sum_{1}^{n} \left(\frac{L_c \omega^{0,5}}{p L_{ад}^{0,5}} \right)^2}, \qquad (9.9)$$

где L_c — яркость светильника в направлении наблюдателя, кд/м²; ω — телесный угол, ср; p — индекс позиции; $L_{ад}$ — яркость поля окружения (адаптации), кд/м².

В соответствии с требованиями [44] нормируются значения показателя дискомфорта M, равные 15 и 25 (разряд I); 40 и 60 (разряд II); 60 и 90 (разряд III) в зависимости от уровня освещенности.

Для расчета показателя дискомфорта в ОУ, выполненной светильниками, разработан табличный инженерный метод, по которому фактическое значение показателя дискомфорта M рассчитывается по формуле

$$M = M_т K_м,$$

где $M_т$ — табличное значение показателя дискомфорта; K_M — поправочный коэффициент:

$$K_м = 0{,}5 \sqrt{\Phi_{\smile р}/\sigma},$$

где $\Phi_{\smile р}$ — реальный световой поток светильника в нижиюю полусферу, клм; σ — площадь выходного отверстия светильника, м² (подсчитывается по действительным размерам светильника).

Значения $M_т$ табулированы для КСС, аппроксимированных выражением $I_\alpha = I_0 \cos^m \alpha$ при $m = 1$; 1,4; 2,3 [26]. Рассчитаиные в [9.8] значения $M_т$ пересмотрены с учетом принятого в инженерном методе расположения наблюдателя у торцевой стены помещения и усреднены по отражающим свойствам потолка помещения ($\rho_{пот} = 0{,}5 \div 0{,}7$) (табл. 9.27). Таблица составлена для светового потока светильника в нижиюю полусферу, равного $\Phi_\smile = 1000$ лм, и площади выходного отверстия $\sigma = 0{,}25$ м². Значения $M_т$ даны в функцни отношения потока светильника в нижней полусфере $\Phi_\smile$ к полному потоку светильника $\Phi_{св}$, коэффициентов отражения поверхностей помещения и относительных размеров освещаемого помещения a/h и b/h, где b — размер помещения вдоль линии зрения; h — высота иад горизонтальной линией зрения наблюдателя, расположенной на 1,5 м от пола.

Для ОУ, выполненных с помощью наиболее распространенных светильников, классифицированных в соответствии с табл. 9.28, проверка их соответствия требованиям норм по ограничению слепящего действия по дискомфорту проводится по табл. 9.29 [9.9], где указаны предельные значения индекса помещения i, при которых обеспечиваются регламентируемые значения M. Нормируемое значение M, равное 90, обеспечивается при всех условиях, для которых составлена таблица. Нормируемое значение M, равное 60, обеспечивается при всех сочетаниях $\rho_{ст}$ и $\rho_{пола}$, кроме $\rho_{ст} = 0{,}3$ и $\rho_{пола} = 0{,}1$. Нормируемое значение $M = 15$ не обеспечивается при сочетаниях $\rho_{ст}$ и $\rho_{пола}$, равных 0,3; 0,3 н 0,3; 0,1. В случае применення в ОУ световых полос (линий) проверка может осуществляться с достаточной для проектировщика точностью вышеизложенным методом. В ОУ отраженного света и со световыми потолками, нормируемые значения M обеспечиваются при условиях, если уровень освещенности принимается согласно СНиП II-4-79 и коэффициент отражения стен составляет не менее 0,3.

Таблица 9.27. **Значения показателя дискомформа $M_т$**

m	a/h	b/h	$\Phi_{\smile}/\Phi_{св}=0{,}76\div1{,}0$				$\Phi_{\smile}/\Phi_{св}=0{,}51\div0{,}75$				$\Phi_{\smile}/\Phi_{св}\leqslant0{,}5$			
			Коэффициенты отражения стен и пола $\rho_{ст}$ и $\rho_р$											
			0,5 0,3	0,5 0,1	0,3 0,3	0,3 0,1	0,5 0,3	0,5 0,1	0,3 0,3	0,3 0,1	0,5 0,3	0,5 0,1	0,3 0,3	0,3 0,1
1,0	2	2	13	14	19	20	12	13	17	18	10	11	14	16
		3	17	18	23	25	15	17	20	23	14	15	17	20
		4	18	20	25	27	17	18	23	25	15	16	19	22
		6	20	21	27	30	18	20	24	27	16	17	20	24
		8	21	22	28	31	19	21	25	28	17	18	21	25
	4	4	20	22	28	30	19	21	25	28	17	18	21	25
		6	23	25	30	34	21	23	27	31	18	20	23	27
		8	24	26	31	35	22	24	28	33	19	21	24	29
		12	24	27	32	35	23	25	29	33	20	22	24	29
	8	8	25	29	33	38	23	26	29	34	20	23	25	30
		12	25	30	34	39	24	27	30	36	21	24	26	32
	12	12	27	30	35	40	25	28	31	37	22	25	26	33
1,4	2	2	13	14	18	19	12	13	16	18	10	11	14	15
		3	15	17	21	23	14	15	19	21	12	13	16	18
		4	16	18	23	25	15	16	20	22	13	14	17	20
		6	17	19	24	26	16	17	21	23	14	15	18	21
		8	18	20	24	27	16	18	21	23	14	15	18	21
	4	4	18	20	24	27	16	18	21	25	14	16	18	21
		6	19	21	26	29	18	20	23	26	15	17	19	23
		8	20	22	26	30	18	20	23	27	16	18	20	24
		12	20	23	27	30	19	21	24	28	16	18	20	24
	8	8	21	23	27	31	19	21	24	29	16	19	20	25
		12	21	24	27	32	19	22	24	29	17	19	20	25
	12	12	21	24	27	32	19	22	24	29	17	19	20	25
2,0	2	2	12	14	17	19	11	12	15	17	10	11	13	15
		3	14	15	19	21	13	14	17	19	11	12	14	16
		4—8	14	15	19	21	13	14	17	19	11	12	14	17
	4	4	15	16	19	22	13	15	17	20	11	13	14	17
		6	15	17	19	22	13	15	18	20	11	13	14	17
		8—12	15	17	19	23	13	15	17	20	11	13	14	17
	8	8	15	17	19	23	13	15	17	21	11	13	14	17
		12	15	17	19	23	13	15	16	20	11	13	14	17
	12	12	14	17	18	23	13	15	16	20	11	13	13	17
3,0	2	2	11	12	15	17	10	11	14	15	9	9	11	13
		3	11	13	15	17	10	11	14	16	9	10	11	13
		4—8	11	13	15	17	10	11	13	15	9	10	11	13
	4	4	11	13	15	18	10	11	13	16	8	10	11	13
		6	11	13	14	17	10	11	13	15	8	10	10	13
		8—12	11	13	14	17	10	11	12	15	8	9	10	13
	8	8	11	13	14	17	10	11	12	15	8	9	10	13
		12	10	13	13	17	9	11	12	15	8	9	10	12
	12	12	10	13	13	17	9	11	11	15	8	9	9	12

Таблица 9.28. **Классификация светильников для общественных зданий по характеристикам, определяющим дискомфорт**

m	Номер группы	$\Phi_{\text{св}}/\Phi_{\text{св}}$	$K_{\text{м}}$	Номер подгруппы	Примеры светильников	
					Серия	Исполнение
1	I	0,76—1,0	1,2	б	Л2010М	Л201Б420-03М (18М)
			1,3	в	Л2010М	Л201Б420-04М
					ЛП013	ЛПО13-4×40-001
			1,4	г	Л2010М	Л201Г240-04М (15М)
					УСП	УСП-11-4×20
					ЛПО28	ЛПО28-2×40-001
					ЛВО01	ЛВО01-2×40
			1,5	д	Л2010М	Л201Г240-03М; Л201Б440-04М; Л201Г265-16М
					ЛПО28	ЛПО28-2×65-001
					УСП	УСП-4(11)-6×20; УСП-9(11)-2×20
			1,6	е	Л2010М	Л201Б440-03М (15М); Л201Г265-15М;
					ЛВО03	ЛВО03-2×40-001 (002); ЛВО03-2×65-002
			1,7—1,8	ж	Л2010М	Л201Б440-21М; Л201Б640-04М; Л201Г265-03М; Л201Б465-04М (15М, 19М); Л201Г240-21М
					УСП	УСП-11(18)-2×40; УСП-18-4×40(6×40)
			1,9	з	Л2010М	Л201Б465-03М
					ЛПО02	ЛПО02-2×40/П-02
		0,5 и менее	0,9—1,1	р	ПКР300М	ПКР300М
					СК300	СК300
1,4	II	0,76—1,0	1,2	б	ЛПО13	ЛПО13-2×40-001
					УСП	УСП-35-2×20
			1,3	в	Л2010М	Л201Б420-02М
			1,4	г	УСП	УСП-4-2×20; УСП-4(5,9,18)-4×20
			1,5	д	Л2010М	Л201Г240-02М
					УСП	УСП-5-6×20; УСП-18-2×20(6×20)
			1,6	е	Л2010М	Л201Г265-01М (02М)
			1,7—1,8	ж	Л2010М	Л201Б465-16М; Л201Б440-02М; Л201Б640-02М
					УСП	УСП-4-2×40; УСП-4(5)-4×40; УСП-5-6×40
			1,9	з	Л2010М	Л201Б465-02М
	III	0,76—1,0	1,1	а	Л2010М	Л201Б420-01М
			1,3	в	УСП	УСП-35-4×20
			1,4	г	ЛВО01	ЛВО01-4×40
					УСП	УСП-35-6×20
			1,6	е	Л2010М	Л201Б440-01М
					УСП	УСП-5-2×40
					ЛВО31	ЛВО31-2×80-03
					ЛВО03	ЛВО03-4×40-001 (002)
			1,7—1,8	ж	Л2010М	Л201Б640-01М; Л201Б465-01М
					ЛПО02	ЛПО02-4×40/П-01(02)
					УСП	УСП-9-2×40(4×40,6×40); УСП-35-2×40(4×40,6×40); УСП-11-6×40
					ЛВО03	ЛВО03-4×65-002
		0,51—0,75	1,2	н	ШОД	ШОД-2×40(2×80)
					ЛСО02	ЛСО02-2×40(2×65,4×40)-002
					ЛСО04	ЛСО04-2×40-003(004); ЛСО04-2×65-003(004); ЛСО04-4×40-003(004)
			1,3	о	ЛСО02	ЛСО02-2×40-003
					ЛСО04	ЛСО04-2×40-002(005)
			1,4	н	ЛСО02	ЛСО02-2×65-003
					ЛСО04	ЛСО04-2×65-002(005)
3	IV	0,76—1,0	2,4	и	СВП	СВП-1×200
			3,6	к	СВП	СВП-1×500

Таблица 9.29. **Предельные значения индекса помещения i, при которых обеспечиваются регламентируемые значения M**

Группа и подгруппа светильников $\rho_{ст}$	Регламентируемые значения M										
	15		25				40				60
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3
$\rho_{пола}$	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1
Iб	—	—	2,2	1,5	1,1	1,0	+	+	4,2	2,4	+
Iв	—	—	1,5	1,3	1,0	—	+	+	2,6	2,1	+
Iг	—	—	1,3	1,2	—	—	+	4,4	2,2	1,4	+
Iд	—	—	1,2	1,1	—	—	+	3,1	1,4	1,3	+
Iе	—	—	1,2	1,1	—	—	4,2	2,5	1,3	1,2	3,8
Iж	—	—	1,1	1,0	—	—	2,6	2,2	1,2	1,1	2,5
Iз	—	—	1,1	1,0	—	—	1,9	1,5	1,2	1,1	2,2
Iр	1,4	1,1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IIб	1,0	—	+	2,4	1,2	1,1	+	+	+	+	+
IIв	—	—	2,7	2,0	1,1	1,0	+	+	+	+	+
IIг	—	—	2,1	1,4	1,0	—	+	+	+	2,4	+
IIд	—	—	1,4	1,2	—	—	+	+	+	1,5	+
IIе	—	—	1,2	1,0	—	—	+	+	2,1	1,3	+
IIж	—	—	1,1	1,0	—	—	+	3,5	1,4	1,2	+
IIз	—	—	1,1	1,0	—	—	+	2,3	1,2	1,1	4,0
IIIа	—	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IIIв	—	—	+	+	+	1,1	+	+	+	+	+
IIIг	—	—	+	+	1,1	—	+	+	+	+	+
IIIе	—	—	1,2	1,1	—	—	+	+	2,3	1,4	+
IIIж	—	—	+	1,1	—	—	+	+	+	+	+
IIIн	4,5	1,2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
IIIо	1,2	1,0	4,0	2,4	1,3	1,1	+	+	+	3,9	+
IIIп	1,0	—	2,4	1,6	1,2	1,1	+	+	+	2,4	+
IVи	—	—	+	—	—	—	+	+	+	—	+
IVк	—	—	—	—	—	—	2	1,1	—	—	—

Примечание. Знак «+» означает, что M не превышает регламентируемого значения при любых i; знак «—» — M превышает регламентируемое значение при любых i.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

9.1. **Бухман Г. Б., Прибытков В. А.** Представление кривых силы света светильников с помощью полиномов Чебышева. — Светотехника, 1978, № 4, с. 10—12.

9.2. **Бухман Г. Б., Прибытков В. А.** Светотехнические расчеты установок со щелевыми световодами. — Светотехника, 1981, № 11, с. 11—14.

9.3. **VEM** Handbuch Beleuchtungstechnik. Berlin, 1978.

9.4. **IES** Lighting handbook, New York, 1972.

9.5. **Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б.** О классификации и допусках на кривые силы света. — Светотехника, 1978, № 6, 10.

9.6. **Пособие** по определению количественных и качественных показателей осветительных установок основных помещений общественных зданий. — М.: Стройиздат, 1980.

9.7. **Кроль Ц. И., Мамсурова Е. И.** Определение слепящего действия осветительных установок в производственных помещениях. — Светотехника, 1979, № 11, с. 1—6.

9.8. **Епанешников М. М., Сидорова Т. Н., Уидасинов Г. Н.** Методы расчета показателя дискомфорта установок внутреннего освещения общественных зданий. — Светотехника, 1979, № 3, с. 21—26.

9.9. **Пероаа Н. С., Уидасинов Г. Н., Федюкина Г. В.** Оценка слепящего действия осветительных установок общественных зданий по дискомфорту. — Светотехника, 1979, № 11, с. 6—9.

Раздел десятый

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

10.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Проектирование ОУ подчиняется общим положениям, принятым в области разработки проектов и смет для строительства предприятий, зданий и сооружений.

До начала 80-х годов проектирование велось в две или три стадии: выполнялись технэкономические обоснования целесообразности или необходимости строительства объектов, разрабатывались технические проекты, рабочие чертежи или технорабочие проекты. В целях сокращения сроков разработки и уменьшения объемов проектно-сметной документации был осуществлен переход на разработку проектов в одну или две стадии.

Для предприятий, зданий и сооружений, строительство которых будет осуществляться по типовым и повторно применяемым проектам, а также для технически несложных объектов проектирование ведется в одну стадию — разрабатывается рабочий проект (РП) со сводным сметным расчетом. Для других объектов строительства, в том числе крупных и сложных, ведется двухстадийное проектирование — выполняется проект (П) со сводным расчетом стоимости и рабочая документация (РД) со сметами.

В соответствии с указанными положениями при одностадийном проектировании в РП электрического освещения решаются все принципиальные вопросы по светотехнической и электротехнической частям ОУ, разрабатываются чертежи и другие проектные материалы, необходимые для монтажа освещения, и составляется смета стоимости монтажа.

В светотехнической части РП производится выбор значений освещенности и показателей качества освещения, систем, видов и способов освещения, типов ИС и ОП, выполняются светотехнические расчеты, в результате которых выявляются тип, мощность и расположение ОП.

В электротехнической части РП выбираются источники питания, решаются (при необходимости) вопросы компенсации реактивной мощности для установок с

ГЛВД, намечаются способы управления освещением, выбираются типы магистральных и групповых щитков и другого электрооборудования, выявляются способы доступа к ОП для обслуживания.

В РП разрабатываются чертежи планов освещения помещений или открытых территорий. На чертежах наносят ОП, штепсельные розетки, магистральные и групповые щитки, осветительные сети, выключатели, понижающие трансформаторы и другое электрооборудование. Составляются чертежи принципиальных схем питающей сети и дистанционного управления освещением. Выполняется расчет осветительных сетей и производится выбор способов их прокладки.

Рабочие проекты должны быть ориентированы на выполнение монтажа освещения индустриальными методами, при которых возможно больший объем работ по заготовке и сборке укрупненных узлов ОУ переносится в мастерские электромонтажных заготовок, а в монтажной зоне производится их установка и прокладка осветительной сети. Это достигается широким использованием альбомов типовых конструктивных чертежей узлов и деталей установки светильников, щитков, выполнении электропроводок, а также типовых проектов опор НО и прожекторных мачт. В случаях отсутствия в альбомах необходимых чертежей проводится их разработка или используются чертежи повторного применения, выполненные ранее для других объектов.

В объем РП входят ведомости потребности в светотехническом и электротехническом оборудовании, материалах, электромонтажных изделиях и изделиях, изготовляемых в мастерских электромонтажных заготовок, ведомость объемов электромонтажных работ. Выдаются также строительные задания на электропомещения, ниши для установки щитков и другого электрооборудования, шахты, штрабы, проемы, отверстия для прокладки осветительных сетей и т. п. В необходимых случаях составляются задания на устройства и приспособления для доступа к светильникам.

При двухстадийном проектировании в первой начальной стадии П решаются такие основные принципиальные вопросы устройства ОУ, как выбор систем освещения, типов источников света, уровней освещенности, способов питания освещения, выявляются величины устаиовленной и потребляемой мощности, определяется ориентировочная стоимость монтажа ОУ. При этом степень глубины и детализации проработки разных вопросов может изменяться в значительных пределах в зависимости от полноты исходных данных для проектирования. Более подробные указания по объему проектных материалов для первой стадии проекта ОУ приводятся в ведомственных инструкциях и нормалях.

На следующей стадии двухстадийного проектирования разрабатывается РД в объеме, указанном выше для РП, за исключением решения основных принципиальных положений устройства ОУ, выявленных в первой стадии П. Для крупных объектов, кроме того, определяются штаты персонала, необходимого для эксплуатации освещения, учитываемые в штатах рабочих и служащих проектируемого объекта.

Исходные данные для проектирования. При двухстадийном проектировании для разработки осветительных установок требуется как минимум перечень объектов строительства с указанием их основного назначения, площади помещений для каждого объекта и краткой строительной характеристики здания (количество этажей, высота основных помещений). Для установок НО необходимо знать площадь и назначение освещаемой территории.

Для проектирования внутреннего освещения на стадиях РП и РД необходимы архитектурно-строительные планы и разрезы зданий с указанием назначения отдельных помещений, чертежи металлических конструкций, технологические планы и разрезы, чертежи санитарно-технических коммуникаций, сведения о характере среды в помещениях, данные об особенностях технологического процесса и другие требования, влияющие на устройство освещения.

Для ОЗ, где искусственное освещение должно увязываться с архитектурно-художественным решением интерьеров, необходимы дополнительные данные по архитектурно-строительным деталям и отделке помещений. Окончательные проектные решения по освещению многих помещений ОЗ выявляются в результате совместной работы проектировщиков — светотехников и архитекторов. Для разработки РП и РД установок НО промышленных предприятий, городов и населенных пунктов необходимы рабочие чертежи генплана освещаемых участков с обозначением дорог, железнодорожных путей, линий ограды, контуров зданий и сооружений, мест производства открытых работ, открытых складов и других подробностей, оказывающих влияние на устройство освещения, и, кроме того, с нанесенными подземными коммуникациями, влияющими на выбор мест установки опор, прожекторных мачт и прокладку кабелей. В некоторых случаях подземные коммуникации указываются на отдельных планах, называемых чертежами геоподосновы.

Разработка РП и РД осветительных установок часто выполняется одновременно с проектированием других разделов объекта (архитектурно-строительной, технологической и других частей), т. е. осуществляется так называемое параллельное проектирование. В этих случаях проектирование освещения приходится начинать не по окончательным, а по промежуточным исходным данным с последующим уточнением и корректировкой проектных материалов в процессе их разработки, а иногда и после окончания проектов путем выпуска скорректированных (индексированных) чертежей или разработки новых, заменяющих ранее выполненные. В отдельных случаях корректировка проектных решений выполняется в порядке авторского надзора при монтаже ОУ.

Методы проектирования. Имеется два метода проектирования электроустановок: ручной и машинный. При ручном методе проектирования все инженерные расчеты и другие работы по разработке и оформлению проектной документации выполняются без применения ЭВМ. Под машинным методом в широком смысле понимается выполнение всех расчетов и большинства других проектных материалов, включая чертежи планов ОУ, с помощью ЭВМ. В отечественной практике проектирования освещения применяется преимущественно ручной метод. Для ручного проектирования характерен процесс непрерывного совершенствования, проходящий в направлениях оптимизации и унификации проектных решений, наибольшего удовлетворения требований к проектам со стороны электромонтажных и эксплуатирующих организаций и понижения трудоемкости проектирования.

Применяемые в проектной практике мероприятия по совершенствованию светотехнического проектирования затрагивают большинство указанных направлений. Наиболее общие и существенные из этих мероприятий:

1) разработка и распространение альбомов типовых конструктивных чертежей узлов и деталей ОУ, а также конструктивных чертежей повторного применения;

2) разработка проектов освещения в соответствии с требованиями стандартов системы проектной документации для строительства (СПДС) и Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), а также нормалей ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект» на объем и содержание проектной документации для промышленных электроустановок;

3) широкое использование современной множитель-

ной техники при разработке и оформлении проектных материалов (предварительное изготовление спецификаций, заглавных листов, форм таблиц, пояснений, ведомостей, смет и т. п.);

4) упрощенное оформление чертежей планов освещаемых помещений (применение метода элементов планов и др.);

5) широкое применение бескопировального метода выполнения чертежей;

6) рациональная организация светотехнического проектирования.

Отдельные элементы машинного метода проектирования ОУ развиваются в нашей стране в следующих основных направлениях: светотехнические расчеты сложных установок внутреннего и наружного освещения (в частности, прожекторных ОУ, локализованного освещения, расчеты освещения при произвольном размещении рабочей поверхности и др.); расчеты сложных и разветвленных осветительных сетей; составление таблиц основных технических показателей к ТП ОУ; составление ведомостей и смет.

При разработке рациональных типовых проектных решений внутреннего и наружного освещения, вспомогательных материалов, упрощающих расчеты количественных и качественных характеристик ОУ, также используются ЭВМ.

Дальнейшее расширение применения ЭВМ является вероятным при выполнении и других элементов РП и РД, вплоть до разработки проектов освещения в целом.

Необходимо иметь в виду, что при переходе на машинный метод проектирования неизбежно будут претерпевать изменения традиционные формы проектной документации, с чем придется считаться электромонтажным организациям.

Организация светотехнического проектирования. Высокий технический уровень проектных решений и хорошее качество проектов ОУ в значительной степени зависят от организации светотехнического проектирования. Специфика ОУ обусловливает целесообразность выполнения проектов освещения специализированными проектными подразделениями.

В крупных электротехнических проектных институтах проектирование освещения осуществляется светотехническими отделами или секторами. В ряде отраслевых комплексных проектных организаций в составе электротехнических отделов имеются светотехнические бригады, реже секторы. Однако во многих проектных организациях одни и те же проектировщики выполняют проекты разных электроустановок — трансформаторных подстанций, силового электрооборудования, автоматики, электрического освещения и др., что не позволяет глубоко и полно осваивать специфику каждого вида установок, а это отрицательно сказывается на качестве проектов.

В составе светотехнического отдела (сектора) кроме проектировщиков-светотехников целесообразно иметь конструкторов, специализирующихся в разработке рабочих конструктивных чертежей для проектов освещения.

Отдельные части проектов ОУ — сложные схемы централизованного (дистанционного или телемеханического) управления освещением, задания заводам электротехнической промышленности на щиты и пульты управления, сметы — целесообразно выполнять в соответствующих специализированных подразделениях проектных организаций при обязательном участии проектировщиков-светотехников, состоящем в выдаче заданий и контроле их выполнения. Специализированные проектные светотехнические подразделения способствуют повышению квалификации проектировщиков, своевременному получению технической информации, обмену опытом с другими проектными организациями, облегчают организацию технической учебы проектировщиков. В ряде проектных институтов имеются научно-исследовательские и экспериментальные светотехнические лаборатории, секторы, группы, работающие в области ОУ по профилю своей организации и способствующие повышению эффективности проектных решений.

Большое влияние на качество проектов и монтируемых по ним ОУ оказывает участие проектировщиков в авторском надзоре за монтажом освещения, при котором могут быть выявлены и устранены допущенные ошибки. Важное значение также имеет наблюдение за смонтированными ОУ в первые годы их эксплуатации.

Основные нормативные материалы по проектированию. Проектирование ОУ регламентировано СНиП [44], отраслевыми нормами искусственного освещения [45], инструкциями по проектированию, а также ПУЭ [45] и некоторыми другими нормативными документами [10.1—10.3].

10.2. СВЕТОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТОВ

Вопросы, решаемые в светотехнической части проектов, разрабатываются и отражаются в проектной документации с разной степенью детализации для разных стадий проектирования.

Выбор нормируемых параметров. Выбор требуемых по нормам искусственного освещения параметров (минимальной или средней освещенности, средней яркости дорожных покрытий) и параметров качества освещения (показателей ослепленности и дискомфорта, цилиндрической освещенности, коэффициента пульсации освещенности) проводится, как правило, на основании отраслевых норм искусственного освещения, разработанных для многих отраслей промышленности, видов производств, общественных зданий различного назначения (см. разд. 8). При отсутствии отраслевых норм нормирование осуществляется по имеющимся отраслевым нормам с аналогичными зрительными работами, а иногда — прямое нормирование по СНиП [44].

При выполнении РП и РД уровень освещенности от общего освещения выбирается для каждого освещаемого помещения и указывается на чертеже плана (или в пояснениях к чертежу). Для каждого помещения выявляются также максимально допустимые значения показателя ослепленности (или дискомфорта), цилиндрической освещенности и коэффициента пульсации, однако в проекте они не фиксируются, а производится лишь проверка принятых светотехнических решений на соответствие нормативным требованиям. В РП установок НО промышленных предприятий, городов и населенных пунктов принятые в проекте уровни освещенности (средней яркости) указываются в пояснениях на чертежах или в пояснительной записке.

Виды освещения. Рабочее освещение обеспечивает необходимые условия при нормальном режиме работы ОУ; оно обязательно во всех помещениях и на открытых пространствах.

Охранное освещение — разновидность рабочего освещения устраивается по линии охраняемых границ территорий промышленных предприятий, а также территорий некоторых общественных зданий.

Аварийное освещение[1] обеспечивает минимально необходимые осветительные условия для продолжения работы при временном погасании рабочего освещения в помещениях и на открытых пространствах в случаях, когда отсутствие искусственного освещения может вызвать тяжелые последствия для людей, производственных процессов, нарушить нормальное функционирова-

[1] Ранее оно называлось «аварийное освещение для продолжения работы» (СНиП, II-А.9-71).

ние жизненных центров предприятий и узлов обслуживания массовых потребителей.

Эвакуационное освещение[1] служит для безопасной эвакуации людей из помещений и с открытых пространств при аварийном погасании рабочего освещения. Указания, в каких случаях необходимо аварийное и эвакуационное освещение, содержатся в СНиП [44] и в отраслевых нормах искусственного освещения. Согласно СНиП аварийное освещение должно создавать освещенность не ниже 5 % нормируемой освещенности, но не менее 2 лк в помещениях и 1 лк снаружи. Освещенность более 30 лк в помещениях и более 5 лк снаружи разрешается создавать при наличии соответствующих обоснований.

Эвакуационное освещение должно создавать освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк снаружи. Для аварийного и эвакуационного освещения могут использоваться ЛН (в том числе ГЛН) и ЛЛ, причем последние только в помещениях с температурой воздуха не ниже +5 °С при питании их переменным током и напряжением не ниже 90 % номинального. Лампы ДРЛ, МГЛ, НЛВД могут использоваться только как дополнительно присоединяемые к группам аварийного освещения с целью усиления освещенности сверх нормированной для аварийного освещения.

Системы освещения. Для помещений всех назначений применяются системы общего или комбинированного (общего и местного) освещения. Выбор системы освещения в большинстве случаев определяется характером и особенностями зрительных работ, выполняемых в помещениях. В отраслевых нормах искусственного освещения обычно указывается рекомендуемая или предпочтительная система освещения. При отсутствии однозначной рекомендации выбор системы освещения проводится с учетом особенностей проектируемого объекта.

Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, где выполняются зрительные работы разрядов I, II, III, IV, Va и Vб по СНиП II-4-79 [44]. В помещениях со зрительными работами разрядов II, III, IV, Va и Vб устройство общего освещения допускается при наличии технико-экономических или гигиенических обоснований и при условии соблюдения нормативных требований к качеству освещения, а также при практической невозможности устройства местного освещения.

Общее освещение может быть равномерным и локализованным; при локализованном освещении световой поток перераспределяется по помещению неравномерно, с учетом расположения освещаемых поверхностей. Выбор между равномерным и локализованным освещением проводится с учетом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования. В случаях необходимости для временного увеличения освещенности на отдельных рабочих местах при выполнении основных или ремонтных работ предусматриваются розетки для присоединения переносных СП.

Многие виды технологического оборудования поставляются вместе с устройством местного освещения. В этих случаях в проектах освещения предусматривается только подводка для электрического питания этих устройств, если таковая не учтена в проекте силового электрооборудования. При отсутствии устройств местного освещения в технологическом оборудовании оно должно предусматриваться в проектах освещения. Применение одного местного освещения в ОУ не допускается.

В производственных и общественных зданиях в помещениях с недостаточным естественным освещением (см. разд. 18) применяется система совмещенного освещения, при которой недостаток естественного света в светлое время суток восполняется искусственным. В производственных зданиях при этой системе уровень освещенности от искусственного освещения повышается (см. разд. 8). Общее искусственное освещение при системе совмещенного освещения выполняется ГЛ.

В административно-бытовых и вспомогательных помещениях, как правило, предусматривается общее равномерное освещение.

В больших производственных и общественных зданиях из общего освещения (рабочего, аварийного и эвакуационного) при необходимости могут выделяться ОП дежурного освещения, используемого при уборке помещения и для его охраны.

В установках НО для обеспечения минимальных условий освещения в нерабочее и ночное время из основного освещения выделяется часть светильников или прожекторов на территориях промышленных предприятий для дежурного освещения, в городах и населенных пунктах при нормируемой средней яркости 0,4 кд/м^2 и выше или средней освещенности 4 лк и выше — для ночного освещения. Количественные и качественные параметры дежурного (внутреннего и наружного) и ночного освещения не нормируются.

Выбор ИС. Для внутреннего и наружного освещения могут применяться ЛН, в том числе ГЛН, и ГЛ: ЛЛ и ГЛВД, к числу которых относятся лампы ДРЛ, МГЛ, НЛВД, ДКсТ.

При выборе ИС руководствуются следующими общими указаниями.

1. Применять по возможности лампы наибольшей единичной мощности, не нарушая при этом нормативных требований к качеству освещения.

2. Для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно ГЛ.

3. При технической необходимости или по архитектурно-художественным соображениям допускается применять в одном помещении ЛН и ГЛ.

4. Не допускается ГЛ, как правило, питать постоянным током, а также применять их в случаях, когда возможно снижение напряжения до уровня ниже 90 % номинального.

Внутреннее освещение. Лампы накаливания для общего внутреннего освещения рекомендуются: в производственных помещениях, где выполняются работы VI и VIII разрядов [44]; для технологических площадок, мостиков, переходов, площадок обслуживания крупного оборудования; в помещениях с тяжелыми условиями среды при отсутствии предназначенных для данных условий ОП с ГЛ; в помещениях вспомогательных, бытовых и для временного пребывания людей; в установках архитектурного освещения ОЗ; в жилых помещениях; для аварийного и эвакуационного освещения в помещениях, освещаемых ГЛВД.

Рекомендуемые цветовые параметры и примерные типы ИС в зависимости от особенностей зрительной работы и требований к цветопередаче приведены в табл. 10.1.

Для местного освещения рекомендуются ЛН: при отсутствии требований к правильной цветопередаче; в случаях необходимости определенного или переменного направления света; при технической невозможности установки ОП с ЛЛ.

Рекомендуется применять ЛЛ: в помещениях, где требуется правильная цветопередача (табл. 10.1); в большинстве помещений ОЗ; в административно-конторских и лабораторных помещениях; в учебных и лечебных заведениях; в помещениях, предназначенных для работы или занятий подростков и слабовидящих. Для жарких помещений рекомендуются амальгамные ЛЛ.

[1] Ранее оно называлось «аварийное освещение для эвакуации (СНиП, II-А,9-71)».

Таблица 10.1. Рекомендуемые цветовые параметры и примерные типы источников света для различных зрительных работ

Характеристика зрительной работы	Освещенность при общем освещении, лк	Индекс цветопередачи R_a для зданий, не менее		Цветовая температура $T_{цв}$, К, для зданий		Тип источника света для зданий	
		производственных	общественных	производственных	общественных	производственных	общественных
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, шерстяных тканей и тканей на текстильных фабриках, сортировка кож, изготовление красок, подбор красок для цветной печати, кабинеты врачей и др.)	⩾300	90	90	5000—6500	5000—6500	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ)	ЛХЕ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличию (раскрой верха обуви, контроль сырья на консервных заводах, ткацкие фабрики, раскрой и пошив на швейных фабриках, окраска машин, выставочные залы, специализированные магазины и др.)	⩾300	85	85	4000—6500	4000—6500	ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ, ЛЕ)	ЛЕ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ, (ЛХЕ)
Различение цветных объектов для контроля и сопоставления (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов, переплетные цеха, столовые и др.)	⩾300 и более	50	55	3500—6500	3500—6000	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ)	ЛБ, (ЛХБ, ЛЕ)
	150—300	50	55	3000—4500	3000—4500	ЛБ, (ЛХБ)	ЛБ, (ЛХБ, ЛЕ)
	<150	45	55	2700—3500	2700—3500	ЛБ, (ЛН, КГ)	ЛБ, (ЛН)
Работа с ахроматическими объектами (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин и инструментов, здания управления и др.)	⩾500	50	55	3500—6400	3500—6500	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ)	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ, ЛЕ)
	300—500	40	55	3500—6500	3500—6000	ЛБ, ДРИ, ДРЛ (ЛХБ)	ЛБ, ДРИ, (ЛХБ, ЛЕ)
	150—300	30	50	3000—4500	3000—4500	ЛБ, ДРЛ, (ЛХБ)	ЛБ, (ЛХБ, ЛЕ)
	<150	25	45	2100—3500	2700—3500	ЛБ, ДНаТ, (ЛТБ, ЛН, КГ)	ЛБ, (ЛТБЦ, ЛН)
Общее восприятие интерьера (фойе, вестибюли, аалы театров и кинотеатров)	⩾150	—	85	—	2700—4000	-	ЛБ, (ЛЕ, ЛТБЦ, ЛН)

Примечания: 1. При расположении зданий в I или II поясе светового климата СССР из диапазона цветовых температур выбираются преимущественно значения, приближенные к нижней границе диапазона, в V поясе — к верхней.
2. В скобках приведены типы менее эффективных источников света.

Газоразрядные лампы всех типов, за исключением ксеноновых, для внутреннего освещения, как правило, обязательны для системы одного общего освещения в помещениях, где выполняются работы I—V и VII разрядов [44]; для общего освещения в системе комбинированного; в помещениях без или с недостаточным естественным светом, предназначенных для постоянного пребывания людей. Выбор типа ГЛ (ЛЛ, ДРЛ, МГЛ, НЛВД) проводится в зависимости от назначения помещения, его высоты, характера выполняемых зрительных работ и др. Лампы ДРЛ и МГЛ применяются преимущественно для освещения производственных помещений; НЛВД в производственных зданиях находят пока ограниченное применение. Перспективны МГЛ для освещения ОЗ. Лампы типа ДКсТ для внутреннего освещения применяются редко ввиду большой пульсации светового потока и значительного УФ излучения, их допускается использовать только с разрешения органов санитарного надзора и при условии, что освещенность в зоне пребывания людей не превышает 150 лк.

Рекомендации по выбору ГЛ для освещения производственных помещений (при отсутствии специальных требований по цветопередаче) приведены в табл. 10.2.

Наружное освещение. В НО ЛН используются для охранного освещения, у входов в здания, в прожекторных установках (наряду с ГЛВД), для архитектурно-декоративного освещения, в иллюминационных и рекламных установках.

Лампы ДРЛ и НЛВД применяются для освещения территорий промышленных предприятий, улиц, площадей, бульваров, скверов, парков в городах и населенных пунктах. В прожекторных установках разного назначения используются МГЛ, а типа ДКсТ — при освещении больших открытых пространств.

Выбор ОП и их размещения. Выбор ОП проводится с учетом их назначения, светотехнических характеристик, конструктивного исполнения и экономической эффективности. Общие сведения об ОП приведены в разд. 5, номенклатура и технические параметры прожекторов — в § 12.3. Данные о типах, светотехнических параметрах, конструктивном исполнении, указания по выбору и размещению ОП в производственных помещениях содержатся в разд. 12, в общественных и жилых зданиях — в разд. 13 и 14, в наружных ОУ — в разд. 16.

Минимально допустимые степени защиты ОП в непожаро- и невзрывоопасных помещениях с различными условиями среды и в наружных ОУ указаны в табл. 10.3, для пожаро- и взрывоопасных зон в § 12.2.

При выборе размещения и высоты установки ОП для всех ОУ учитывается необходимость обеспечения удобного и безопасного доступа к ним для обслуживания (см. разд. 11).

Расчет освещения. Светотехнические расчеты, выполняемые при проектировании внутреннего и наружного освещения, являются комплексной задачей, в процессе решения которой определяются тип, число, мощность и размещение ОП, необходимых для создания требуемых условий освещения (см. разд. 9). В практике проектирования ОУ наиболее характерной и распространенной считается следующая последовательность решения этой задачи.

Таблица 10.2. **Выбор ГЛ по минимуму приведенных затрат в зависимости от точности зрительных работ и требований к качеству общего освещения промышленных предприятий**

Тип ламп	Система освещения	Характеристика зрительных работ по СНиП II-4-79					Строительный модуль, м				
		Разряд работы	Освещенность, лк	Коэффициент пульсации $K_п$, %	Показатель неравномерности n	Показатель ослепленности P	6×6	6×12	6×18	6×24	12×18
							Высота установки светильников, м				
ЛЛ	Общее	I, II	300—1500	10	1,5	20	<4,4	<5,4	<6,0	<6,0	<9,6
		III	200—500	15	1,5	40	<3,6	<4,8	<4,8	<6,0	<7,2
		IV—VII	100—300	20	1,8	40,60	<7,2	<3,6	<6,0	<5,4	<5,4
	Общее в системе комбинированного	I—III	150—500	20	1,5	20,40	<3,2	<3,6	<4,8	<5,4	<6,0
		IV, V	150	20	1,8	40	<7,2	<3,6	<6,0	<5,4	<5,4
МГЛ	Общее	I, II	300—1500	10	2,0	20	4,5—7,2	5,5—8,4	6,1—8,4	6,1—9,6	9,7—14,4
		III	200—500	15	2,0	40	3,7—6,0	4,9—6,0	4,9—6,0	6,1—9,5	7,3—10,8
		IV—VII	100—300	20	3,0	40,60	—	3,7—6,0	6,1—7,2	5,5—6,0	5,5—10,8
	Общее в системе комбинированного	I—III	150—500	20	2,0	20,40	3,3—5,4	3,7—6,0	4,9—6,0	5,5—7,2	6,1—10,8
		IV, V	150	20	3,0	40	—	3,7—6,0	6,1—7,2	5,5—6,0	6,1—10,8
ДРЛ	Общее	I, II	300—1500	10	2,0	20	⩾7,3	⩾8,5	⩾8,5	⩾9,7	⩾14,5
		III	200—500	15	2,0	40	⩾6,1	⩾6,1	⩾6,1	⩾9,6	⩾10,9
		IV—VII	100—300	20	3,0	40,60	⩾7,3	⩾6,1	>7,3	>6,1	⩾10,9
	Общее в системе комбинированного	I—III	150—500	20	2,0	20,40	>5,5	>6,1	>7,3	>7,3	>10,9
		IV, V	150	20	3,0	40	>7,3	⩾6,1	>7,3	⩾6,1	⩾10,9

1. Выбирают типы ИС и ОП. Для пыльных помещений степень защиты ОП должна выбираться в зависимости от количества и характера пыли. Предпочтительным является применение ОП со степенью защиты IP5X, а в случаях необходимости упрощения обслуживания и в ряде других допускается применение ОП со степенью защиты 5′X и при токонепроводящей пыли (в виде исключения) — IP2X. Не рекомендуется применение ОП со степенью защиты 2′X.

В помещениях пыльных и с химически активной средой наряду с применением ОП с соответствующей степенью защиты рекомендуется широкое использование ламп-светильников: ЛН и ГЛВД с диффузио и зеркально отражающей колбой, а также рефлекторных ЛЛ.

Значения коэффициента запаса в ОУ могут быть снижены на 0,2, если предусматривается использование ОП эксплуатационных групп 5—7 (см. табл. 5.17).

2. Намечаются наиболее целесообразные или практически возможные высоты установки ОП и их размещение.

3. Определяются число ОП и мощности ламп, необходимых для создания нормируемых уровней освещенности (средней яркости дорожных покрытий), или при заданных коэффициенте запаса, типе, мощности и числе ОП, высоте их установки и размещении определяется значение освещенности.

4. Проводится проверка намеченного варианта на его соответствие нормативным требованиям к качеству освещения.

При проектировании установок внутреннего и наружного освещения используются различные методы расчета. Для внутреннего освещения наиболее широко применяется метод коэффициента использования, включая основанный на нем метод удельной мощности и точечный метод. Сущность и область применения указанных методов описаны в разд. 9, в ней же приведены некоторые специальные способы расчета внутреннего освещения, применяемые при проектировании ОУ.

Расчет установок НО при нормировании минимальной освещенности проводится точечным методом, а при нормировании средней яркости и средней освещенности — методами, изложенными в [10.3]. Расчет прожекторного освещения выполняется методами коэффициента использования светового потока, удельной мощности и способом компоновки изолюкс, изложенной в [19].

Проверка обеспечения в ОУ допустимых значений показателя ослепленности для внутреннего освещения производственных помещений, показателя дискомфорта для помещений ОЗ и коэффициента пульсации для установок внутреннего освещения с ГЛ проводится с помощью инженерных методов расчета, приведенных в [10.4—10.7]. Подробные сведения о расчете освещения изложены в разд. 9.

В практике проектирования ОУ широко используются упрощенные способы светотехнических расчетов и типовые проектные решения, исключающие необходимость выполнения светотехнических расчетов [13].

При выполнении светотехнических расчетов ОУ необходимо учитывать следующие общие положения и рекомендации.

1. Расчет минимальной и средней освещенности, цилиндрической освещенности, средней яркости дорожных покрытий проводится с введением коэффициента запаса, учитывающего снижение параметров ИС в процессе эксплуатации ОУ под влиянием ряда факторов. Значения коэффициента запаса приведены в СНиП [44] и в отраслевых нормах искусственного освещения.

2. Отклонения значений освещенности и яркости, полученных в результате расчетов, от нормируемых считаются допустимыми в пределах от +20 до —10 %. При бо́льших отклонениях рекомендуется переходить на другой вариант выполнения ОУ (увеличивать или

Таблица 10.3. **Минимально допустимые степени защиты ОП в непожаро- и невзрывоопасных помещениях с разными условиями среды и в наружных установках**

Степень защиты ОП по ГОСТ 17828-74	Тип источника света	Параметры помещений							
		Н	В	С[1]	ОС[1]	Х[1,4]	П[7]	Ж	НУ[12]
IP20	ЛЛ	+	×	—	—	—	×[8]	+[10]	—
	ГЛВД, ЛН	+	×	×[2]	—	—	×[8]	+	—
IP23	ЛЛ, ГЛВД, ЛН	(—)	+	×[3]	×[3]	×[3,13]	×[8]	×	+
2'0	ЛЛ	+	×	(—)	—	—	—	×[10]	—
	ГЛВД, ЛН	+	×	(—)	—	—	—	×[11]	—
5'0	ГЛВД, ЛН	(—)	(—)	×[2]	—	×	+[9,14]	+	—[15]
5'3	ГЛВД, ЛН	(—)	(—)	×[3]	×[3]	×[3]	+[9,14]	×	×
5'4	ЛЛ	(—)	(—)	+	+	+	+	+[10]	×
IP5I	ЛН	(—)	(—)	+[6]	+[6]	+[6]	+	×[11]	×[11,15]
IP53	ГЛВД, ЛН	(—)	(—)	+[3]	+[3]	+[3]	+	×[11]	×[15]
IP54	ЛЛ	(—)	(—)	+	+	+	+	×[10]	+
	ГЛВД	(—)	(—)	+	+	+	+	×	+
	ЛН	(—)	(—)	+	+	+[5]	+	×[11]	+

Обозначения, принятые к таблице:

[1] Предпочтительны ОП с корпусами и отражателями из влагостойкой пластмассы, фарфора, покрытые силикатной эмалью.

[2] Допускаются при отсутствии капель воды, падающих на светильник, и при наличии фарфорового патрона.

[3] При наличии брызг воды (растворов), падающих на ОП под углом более 60° к вертикали, установка ОП с ГЛВД и ЛН со степенями защиты IP23, 5'0 и 5'3 запрещается.

[4] Рекомендуются ОП, специально предназначенные для химически активной среды.

[5] В условиях частых заливов (водой, растворами) рекомендуются ОП с боковым вводом проводов.

[6] При наличии брызг воды (и растворов), падающих на ОП под углом более 15° к вертикали, ОП со степенью защиты IP5I (с негермостойким стеклом) допускаются при условии установки в них ламп меньшей мощности, чем номинальная для данного светильника.

[7] В пыльных помещениях рекомендуется применение в ОП ламп с внутренним отражающим слоем и не рекомендуется применение ОП с экранирующими решетками, сетками и подобными им элементами, способствующими запылению.

[8] При ограниченном количестве пыли в зоне установки ОП допускаются ОП со степенью защиты IP20, IP23.

[9] В следующих случаях: ОП со степенью защиты 5'X предпочтительнее ОП со степенью защиты IP5X; количество пыли мало, пыль светлая, ОП располагаются в местах, неудобных для обслуживания, помещение жаркое. При гидроудалении пыли степень защиты должна быть не ниже IP55 или 5'5 (временно допускаются ОП с исполнениями IP54, 5'4).

[10] Рекомендуется применение амальгамных ЛЛ.

[11] Рекомендуется установка в ОП со степенями защиты IP5X, IP6X, 2'X ламп меньшей мощности, чем номинальная для данного светильника.

[12] В установках НО применение ОП, предназначенных для установки в зданиях, допускается, а при их большой парусности (с отражателями большого диаметра при малой массе) запрещается. Применение ОП с пластмассовыми корпусами в наружных установках, в первую очередь на наружных технологических площадках, не рекомендуется.

[13] Только при условии выполнения деталей ОП контактов патронов и цоколей ламп из материала, не подверженного воздействию данной химически активной среды.

[14] Преимущественно с лампами-светильниками или рефлекторными ЛЛ.

[15] Допускается применение при условии наличия защиты ОП от атмосферных осадков (при установке под навесами, защитными козырьками и др.

Примечания: 1. Обозначения помещений: Н — с нормальной средой; В — влажные; С — сырые; ОС — особо сырые; Х — с химически активной средой; П — пыльные; Ж — жаркие; НУ — наружные установки;.

2. Условное обозначение вывода о целесообразности использования светильников: + — рекомендуются; × — допускаются; — запрещаются; (—) применение возможно, но нецелесообразно.

уменьшать число ОП или мощность ИС, изменять размещение ОП и др.).

3. Не следует злоупотреблять применением упрощенных, менее точных методов расчета (в частности, метода удельной мощности) при многократно повторяющихся освещаемых объектах (например, помещений одинаковых размеров и одного назначения), а также для больших освещаемых объектов (крупных помещений, открытых участков территории большой площади и т. п.).

Компенсация УФ недостаточности. Санитарные нормы [10.8] требуют устраивать установки искусственного УФ (эритемного) облучения людей в производственных помещениях (см. также разд. 17 и 18). Согласно [55] эритемные ОСУ должны предусматриваться на промышленных предприятиях, расположенных в географических районах между 45° северной широты и Северным полярным кругом в помещениях без естественного света или с недостаточным естественным освещением, в которых значение КЕО менее 0,1 %. Для объектов, расположенных севернее Северного полярного круга, эритемные ОСУ требуются на всех предприятиях, включая те, в помещениях которых значение КЕО равно или превышает 0,1 %.

Эритемные ОСУ бывают двух видов — длительного и кратковременного действия. Первые рекомендуется устраивать в производственных помещениях, где постоянно работает не менее 10 человек и при этом на каждого приходится не более 6 м² площади помещения. При меньшем числе работающих или при большей площади на одного человека экономически целесообразны ОСУ кратковременного действия, называемые фотариями, в которых люди облучаются кратковременно. Эритемные ОСУ длительного действия проектируются совместно с ОУ. Используются два вида таких установок: прямого и отраженного облучения. В обоих случаях облучатели с эритемными лампами размещаются равномерно в верхней зоне помещения, там же, где установлены светильники общего освещения, и находящиеся в помещении люди постоянно облучаются в течение рабочей смены.

Расчет эритемных ОСУ длительного действия сводится к определению мощности, числа и размещения эритемных облучателей, обеспечивающих необходимую и допустимую дозы эритемной облученности (см. разд. 17). Для ОСУ прямого облучения рассчитываются минимальное и максимальное значения облученности. Расчет проводится точечным методом [18, 55].

Эритемные ОСУ кратковременного действия — фотарии являются специальными технологическими устройствами, и разработка их в проектах электрического освещения не выполняется; ряд рекомендаций по устройству фотариев приведен в [18]. Фотарии требуют подводки электроэнергии для их питания, что предусматривается в проектах электрического освещения или силового электрооборудования.

Световое ограждение высотных препятствий. Высокие здания и сооружения создают в темное время суток и при плохой видимости опасность движущимся воздушным судам, для уменьшения которой предусматривается световое ограждение высотных препятствий, проектируемое и осуществляемое по специальным правилам.

Высотные препятствия подразделяются на аэродромные, расположенные на приаэродромной территории, и линейные, расположенные на местности в пределах воздушных трасс. Высотой препятствия считается его высота относительно абсолютной отметки участка местности, на которой оно расположено. Если сооружение стоит на отдельной возвышенности, выделяющейся из общего ровного рельефа, высота препятствия считается от подошвы возвышенности.

Световое ограждение осуществляется заградительными огнями красного цвета, имеющими излучение с доминирующей длиной волны не менее 610 нм и насыщенностью не менее 95 %. Это излучение может быть постоянным и проблесковым и должно обеспечивать наблюдение огней со всех направлений в пределах от зенита до 5° ниже горизонта с направлением максимальной силы света в пределах углов 7—15° над горизонтом. Сила света огней должна быть: для постоянных препятствий (стационарных сооружений) — максимальная не менее 70 кд и в пределах требуемого угла излучения не менее 10 кд; для временных препятствий (строительные краны, временные опоры линий электропередачи и т. п.) — 10 и 3 кд соответственно.

Наиболее широко применяется заградительный огонь постоянного действия типа ЗОЛ-2М с ЛН типа СГ-7 (130 Вт, 220 В). Он имеет металлический корпус, красный призматический преломлятель и внешнее прозрачное защитное стекло; нормальное рабочее положение — стеклом вверх; корпус навинчивается на вертикально закрепленную стальную трубу диаметром 3/4″.

Необходимость устройства светового ограждения для конкретных объектов, а также высота нижнего уровня заградительных огней устанавливаются соответствующими органами на стадии согласования строительства.

Размещение огней светового ограждения производится с учетом следующих общих требований. Препятствия должны иметь световое ограждение на самой верхней части и ниже через каждые 45 м; расстояния между промежуточными ярусами, как правило, должны быть одинаковыми. В верхних точках препятствий устанавливаются по два огня (основной и резервный), работающих одновременно или по одному, с устройством автоматического включения резервного в случае выхода из строя основного. Протяженные препятствия или группа близко расположенных одиночных препятствий ограждаются в верхних точках с интервалами не более 45 м по общему верхнему контуру, а наиболее высокие из них и угловые точки протяженного препятствия обозначаются двумя огнями.

Высокие здания и сооружения, расположенные внутри застроенных районов, ограждаются сверху вниз до высоты 45 м над средним уровнем высоты застройки. В отдельных случаях, когда расположение ярусов заградительных огней нарушает архитектурное оформление общественных зданий, расположение огней по фасаду может быть изменено по согласованию с соответствующими органами. На дымовых трубах верхние огни размещаются на 1,5—3 м ниже обреза трубы, в каждом ярусе должно быть расположено три или четыре огня, смещенных один относительно другого на 120 или 90° соответственно. Пример размещения огней на дымовой трубе приведен на рис. 10.1.

В строительной части проектов высотных зданий и сооружений должен предусматриваться доступ к огням светового ограждения для обслуживания. Включение и выключение светового ограждения препятствий, расположенных в районе аэродрома, выполняется персоналом объектов и командно-диспетчерским пунктом аэродрома по заданному режиму работы. Допускается применение автоматических устройств с возможностью перехода на ручное управление.

Огни светового ограждения аэродромных препятствий относятся по надежности электроснабжения к потребителям первой категории по ПУЭ и должны иметь резервирование питания от независимого источника (см. § 10.3). Для огней светового ограждения аэродромных и линейных препятствий необходимо прокладывать самостоятельные линии от источников питания, не связанные с другими потребителями. Для повышения надежности работы огней рекомендуется их питать двумя самостоятельными линиями с равномерным присоединением огней к каждой из них. Пример схемы питания огней светового ограждения на дымовой трубе дан на рис. 10.2.

Питание огней светового ограждения, устанавливаемых на высоких опорах линий электропередачи, может осуществляться путем емкостного отбора мощности от них.

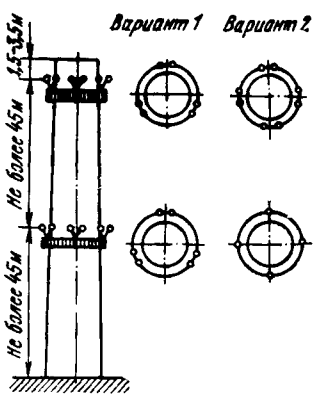


Рис. 10.1. Варианты размещения огней светового ограждения на дымовой трубе

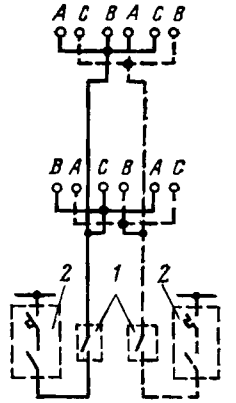


Рис. 10.2. Пример схемы питания огней светового ограждения на дымовой трубе.

1 — запираемый ящик с аппаратом управления, устанавливаемый у основания дымовой трубы; *2* — шкаф питания с аппаратами защиты и дистанционного управления; *A*, *B*, *C* — фазы сети.

10.3. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТОВ

Общие положения. При проектировании электротехнической части ОУ используется ряд терминов и понятий из ПУЭ, определения которых приводятся ниже.

По степени опасности поражения электрическим током все помещения разделяются на три группы.

1. Помещения с повышенной опасностью, в которых может иметь место один из следующих признаков, создающих повышенную опасность поражения током: сырость; токопроводящая пыль; токопроводящие полы; высокая температура (более +30 °С); возможность одновременного прикосновения человека к соединенным с землей металлоконструкциям здания, технологическим аппаратам, механизмам и т. п. с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования — с другой.

2. Особо опасные помещения, характеризуемые одним из следующих условий, создающих особую опасность поражения током: особая сырость (относительная влажность воздуха, близкая к 100 %); химически активная среда, действующая разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования; одновременное наличие двух и более признаков, характеризующих указанные в п. 1 условия повышенной опасности.

3. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, указанные в пп. 1 и 2, создающие повышенную и особую опасность.

В ПУЭ содержится также применяемое при выборе электрооборудования по условию электробезопасности понятие «нормальные помещения». К ним отиосятся помещения сухие (относительная влажность при $t = +20$ °С не более 60 %), нежаркие, непыльные и без химически активной среды. Нормальные помещения могут быть без повышенной опасности, с повышенной опасностью и особо опасными.

В проектной практике применяются не содержащиеся в нормативных документах, но удобные для практических целей термины, определяющие характер среды в помещениях: нормальная, тяжелая, химически активная. Под нормальной средой понимаются указанные выше условия, имеющие место в нормальных помещениях; под тяжелой — наличие одного или нескольких таких условий, как пыль, дым, копоть, повышенные температура, влажность и т. п.; под химически активной — наличие паров, газов, пыли веществ, разрушающе или вредно действующих на электрооборудование, кабели, провода.

При выборе источников и схем питания ОУ используется понятие «независимый источник питания». По ПУЭ независимым источником электроэнергии называется источник, на котором сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках. Независимыми источниками обычно являются трансформаторы, питаемые от двух электростанций или от разных секций шин одной электростанции или подстанции при условии, что каждая секция питается от независимого источника и что секции не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одной из секций. Независимыми источниками являются также аккумуляторная батарея и местная дизель-генераторная установка.

Напряжение осветительных сетей. Для питания осветительных сетей применяются следующие системы и значения напряжения:

1) трехфазного переменного тока с глухим заземлением нейтрали 660/380, 380/220, 220/127 В; линии или отдельные участки линий выполняются: четырехпроводными (три фазы и нуль), трехпроводными (две фазы и нуль), двухпроводными (одна фаза и нуль или две фазы);

2) трехфазного переменного тока с изолированной нейтралью или без нейтрали 3×220, 3×127, 3×36, 3×24, 3×12 В; линии или отдельные участки линий выполняются: трехпроводными (трехфазными) и двухпроводными (двухфазными);

3) однофазного переменного тока или постоянного тока 220, 127, 36, 24, 12 В (все линии двухпроводные).

Напряжение 42 В и ниже называется *малым напряжением.* Указанное значение установлено рекомендацией МЭК как предельно допустимый уровень безопасного напряжения. Электроустановки и электрические сети на номинальное напряжение 42 В в нашей стране не применяются, а используются номинальные значения напряжения 36, 24, 12 В.

Для питания ОП общего освещения разрешается принимать переменное напряжение не свыше 380/220 В при глухом заземлении нейтрали и 220 В при изолированной нейтрали и постоянном токе. Для питания отдельных ИС следует применять, как правило, напряжение не свыше 220 В. В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В допускается для всех стационарных ОП независимо от высоты их установки.

Для питания ГЛ, рассчитанных на напряжение 380 В, допускается применять линейное напряжение 380 В системы 380/220 В и фазное напряжение системы 660/380 В при следующих условиях: выполнения ввода в ОП и ПРА проводами или кабелями с медными жилами и с изоляцией на напряжение не менее 660 В; обеспечения одновременного отключения всех фазных проводов, вводимых в ОП и ПРА; нанесения на ОП, предназначенные для помещений с повышенной опасностью и особо опасных, хорошо различимых знаков с указанием применяемого напряжения (380 В); ввод в ОП и ПРА двух и трех разных фаз систем 660/380 В запрещается.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки ОП общего освещения с ЛН, ДРЛ, МГЛ, НЛВД над полом или площадкой обслуживания менее 2,5 м и питания ОП напряжением 127 В и выше конструкция ОП должна исключать возможность доступа к ИС без применения инструмента, с выполнением ввода в ОП электропроводки в трубах, металлорукавах или оболочек кабелей и защищенных проводов. Требование недоступности ИС без применения инструмента не распространяется на ОП в электропомещениях и ОП, обслуживаемые с кранов или площадок квалифицированным персоналом. Светильники с ЛН, не отвечающие требованиям о недоступности ИС без применения инструмента, устанавливаемые в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на

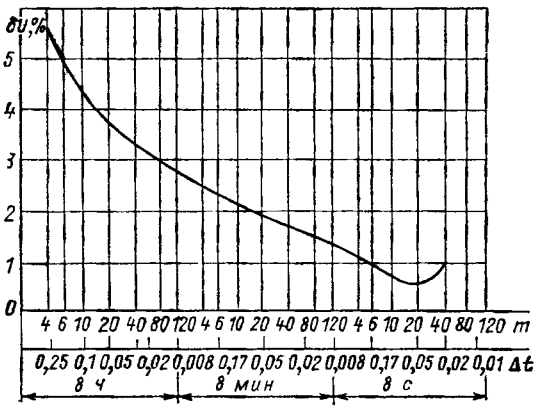


Рис. 10.3. Допустимые размахи изменений напряжений δU, %, в зависимости от частоты Δt или интервала m между изменениями напряжения.

высоте менее 2,5 м, должны получать питание от сети с напряжением не свыше 42 В. Светильники с ЛЛ на напряжение 127 В и более допускается устанавливать на высоте менее 2,5 м в любых помещениях.

Для стационарных ОП местного освещения с ЛН должно применяться напряжение в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных — не выше 42 В. Допускается, как исключение, напряжение до 220 В для ОП специальной конструкции, являющихся составной частью аварийного освещения, присоединяемого к независимому источнику питания, или установленных в помещениях с повышенной опасностью (но не особо опасных).

Разрешается применять светильники с ЛЛ на напряжение 127—220 В для местного освещения. В помещениях сырых, особо сырых, жарких, с химически активной средой ОП для местного освещения с ЛЛ должны иметь специальную конструкцию.

Для питания переносных ручных ОП в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 42 В. При особо неблагоприятных условиях, когда опасность поражения током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими заземленными поверхностями, для ручных ОП должно применяться напряжение не свыше 12 В. Переносные ОП, предназначенные для подвешивания, а также настольные, напольные и подобные им ОП при выборе напряжения приравниваются к ОП местного стационарного освещения.

Источники питания. На большинстве промышленных предприятий и практически во всех общественных и жилых зданиях питание внутреннего и наружного освещения осуществляется от трансформаторов, общих

для силовых и осветительных электроприемников, со вторичным напряжением 380/220 В при глухом заземлении нейтрали. Самостоятельные осветительные трансформаторы применяются иногда для НО в больших городах и на некоторых промышленных предприятиях.

В больших производственных корпусах, где размещается значительное количество трансформаторов, необходимых для электросиловых нагрузок, питание освещения рекомендуется выполнять не от всех, а от минимального их числа. При этом должны использоваться только такие трансформаторы, на шинах низшего напряжения которых размахи (частота и глубина) резких изменений напряжения, вызванных работой силовых электроприемников, не превышают допустимых [10.9] (рис. 10.3).

На промышленных предприятиях при питании силовых электроприемников напряжением 660/380 В с глухим заземленнем нейтрали ОП, рассчитанные на напряжение 380 В, могут питаться от общих с силовыми электроприемниками трансформаторов. Питание остальных осветительных электроприемников осуществляется от промежуточных трансформаторов 660/380—220 В или от отдельных трансформаторов 10(6) кВ/380—220 В, от которых питаются также некоторые силовые электроприемники.

При проектировании ОУ промышленных предприятий выбор трансформаторов для питания освещения проводится совместно проектировщиками ОУ, силового электрооборудования и электроснабжения.

Рабочее и аварийное освещение зданий и наружных объектов всех назначений должно питаться от независимых источников электроэнергии или аварийное освещение должно переключаться на независимый источник при прекращении питания рабочего освещения.

Эвакуационное освещение разрешается питать от одного источника с рабочим освещением через самостоятельную сеть, начиная от шин трансформатора, а для зданий с одним электрическим вводом — начиная от этого ввода. Только в производственных зданиях без естественного света эвакуационное освещение должно питаться от независимого источника или переключаться на него при аварийном отключении рабочего освещения. Для питания аварийного и эвакуационного освещения некоторых зрелищных предприятий и спортивных сооружений в качестве независимого источника рекомендуется использовать аккумуляторные батареи. Дополнительные указания и рекомендации по выбору источников питания ОУ содержатся в [10.1, 10.2].

Питание малым напряжением ОП с ЛН общего и местного освещения и сетей розеток для ОП переносного освещения предусматривают от одно- и трехфазных понижающих трансформаторов, присоединяемых к осветительной сети. Понижающие трансформаторы для ОП местного освещения, установленных на производственном оборудовании, обычно присоединяются к силовой сети, питающей силовые электроприемники.

Схемы питания внутреннего освещения. Сети внутреннего освещения разделяются на питающие и групповые. К питающей сети относятся линии от трансформаторных подстанций или других точек питания до групповых щитков, к групповой сети — линии от групповых щитков до ОП.

В начале каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения, в начале групповой линии обязателен аппарат защиты, а отключающий аппарат может не устанавливаться при наличии таких аппаратов по длине линии или когда управление освещением осуществляется аппаратами, установленными в линиях питающей сети.

При питании внутреннего освещения производственных и общественных зданий от встроенных и пристроенных трансформаторных подстанций или КТП нецелесообразно использовать мощные линейные автоматы подстанций, имеющие пропускную способность, значительно превышающую мощность линий питающей осветительной сети. Поэтому вблизи трансформаторных подстанций или КТП устанавливаются магистральные щитки с автоматами или при устройстве дистанционного управления освещением щиты станций управления (или ящики управления) с автоматами и магнитными пускателями, от которых питаются групповые щитки (рис. 10.4).

В производственных зданиях применяются КТП как с распределительными щитами, так и без них; в последнем случае от каждого трансформатора КТП отходит магистральный шинопровод, питающий силовые и

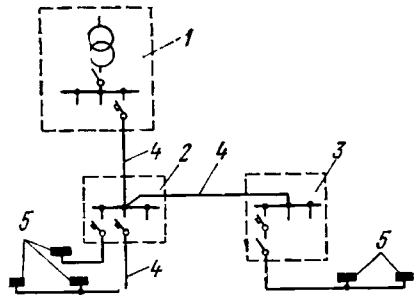


Рис. 10.4. Схемы питания внутреннего освещения производственных и общественных зданий от встроенных и пристроенных трансформаторных подстанций.

1 — трансформаторная подстанция или КТП; *2* — магистральный щиток; *3* — щит станции управления или ящики управления; *4* — линии питающей сети; *5* — групповой щиток.

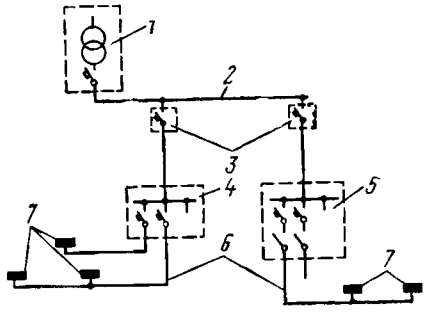


Рис. 10.5. Схема питания внутреннего освещения производственного здания от магистрального шинопровода.

1 — КТП; *2* — магистральный шинопровод; *3* — автомат; *4* — магистральный щиток; *5* — щит станций управления или ящики управления; *6* — линии питающей сети; *7* — групповой щиток.

осветительные электроприемники. Схема питания освещения от таких КТП приведена на рис. 10.5.

В больших производственных зданиях, где все ОП общего освещения могут включаться одновременно, применяется магистральная схема питания освещения силовыми распределительными шинопроводами на 250, 400 и 600 А. Светильники питаются через автоматы, установленные на шинопроводах. При такой схеме отпадает необходимость в групповых щитках (рис. 10.6). Управление освещением осуществляется выключателем 2, в дополнение к которому при дистанционном управлении устанавливается контактор.

Освещение производственных и общественных зданий, не имеющих встроенных или пристроенных транс-

форматорных подстанций, питается кабельными или воздушными вводами от ближайших подстанций. При большой мощности освещения в здание делается несколько вводов, при небольшой — одна линия может питать освещение нескольких зданий. На вводе каждой линии в здание устанавливается вводно-распределительное устройство. Для небольших зданий групповые линии, питающие ОП, присоединяются непосредственно к вводу (рис. 10.7, *а*); при значительной мощности в здании устанавливается один (рис. 10.7, *б*) или

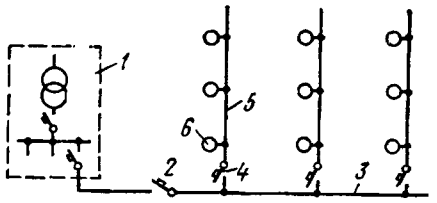


Рис. 10.6. Схема питания освещения от распределительного шинопровода.

1 — КТП; *2* — выключатель или контактор; *3* — распределительный шинопровод; *4* — автомат; *5* — линия групповой сети; *6* — светильник.

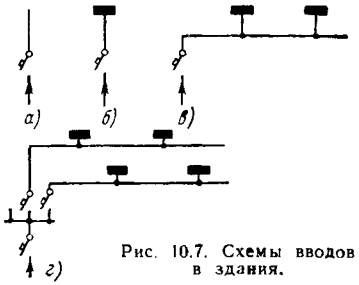


Рис. 10.7. Схемы вводов в здания.

несколько (рис. 10.7, *в*) групповых щитков, питаемых одной линией, а в случаях, когда одной линии недостаточно, на вводе устанавливается магистральный щиток (рис. 10.7, *г*).

Схемы питания аварийного и эвакуационного освещения должны обеспечивать соблюдение нормативных требований к надежности питания этих видов освещения. Групповые щитки аварийного и эвакуационного освещения могут питаться, как и щитки рабочего освещения, отдельными линиями через магистральные щитки от щитов трансформаторных подстанций (см. рис. 10.4), от магистральных шинопроводов (см. рис. 10.5), от вводов в здания (см. рис. 10.7) или от силовой сети (рис. 10.8). Дополнительные сведения о схемах питания освещения производственных зданий приведены в [18].

Схемы питания электроэнергией общественных и жилых зданий отличаются большим разнообразием. Выбор схемы зависит от размера здания, количества этажей, наличия в помещениях силовых электроприемников разного назначения. Особенности схем питания общественных зданий указаны в разд. 13; характерные схемы питания жилых зданий приведены в [10.10].

Схемы питания НО. Освещение различных по назначению участков территорий промышленных предприятий проходы и проезды, охранное освещение, открытые склады, площадки открытых работ) рекомендуется питать самостоятельными линиями, начиная от магистральных щитков, размещаемых в помещениях трансформаторных подстанций и КТП или вблизи них.

При прожекторном освещении у основания каждой мачты устанавливаются аппараты защиты и управления, размещаемые во вводном ящике, а на мачте (или прожекторной вышке на крыше здания) устанавливаются ящики с аппаратами защиты и отключения отдельных групп прожекторов.

Питание НО городов и населенных пунктов рекомендуется, как правило, осуществлять от трансформаторов, предназначенных для питания сети общего пользования, через отдельные распределительные пункты. Питание светильников НО микрорайонов выполняется

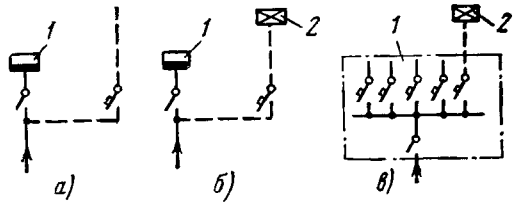


Рис. 10.8. Схемы питания аварийного и эвакуационного освещения от силовой сети.

а, *б* — ответвления от силовой сети; *в* — через силовой распределительный пункт; *1* — силовой распределительный пункт; *2* — групповой щиток аварийного или эвакуационного освещения.

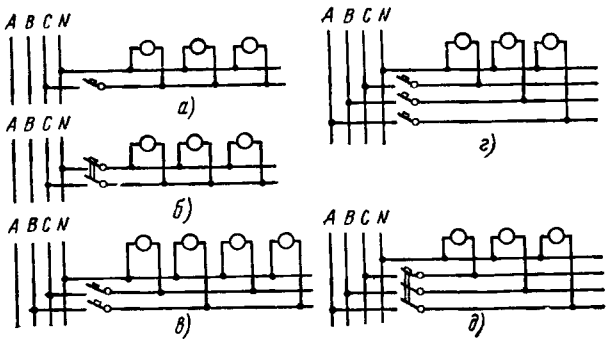


Рис. 10.9. Схемы групповых линий при трехфазной системе с нулевым проводом.

от распределительных пунктов питания НО или непосредственно от сети уличного освещения. Светильники, устанавливаемые на стенах зданий, допускается питать от сети освещения зданий. Уличные световые указатели и светящие дорожные знаки при питании их от сети уличного освещения должны присоединяться к фазам, работающим и ночью.

Линии освещения территорий промышленных предприятий и уличного освещения рекомендуется выполнять трехфазными четырехпроводными. В начале каждой линии устанавливаются аппараты защиты и управления. Если каждый ОП или группа ОП, установленных на одной опоре, не защищены предохранителем или автоматом, то на каждую фазу линии разрешается присоединять не более 20 ОП с ЛН, ДРЛ, МГЛ, НЛВД или не более 50 ЛЛ.

Схемы групповой сети. При трехфазной системе с нулевым проводом групповые линии могут быть: двухпроводными (однофазными) (рис. 10.9, *а*, *б*), трехпроводными (двухфазными) (рис. 10.9, *в*) и четырехпроводными (трехфазными) (рис. 10.9, *г*, *д*).

В каждую фазу групповой линии должно включаться не более 20 штук ЛН, ДРЛ, МГЛ, НЛВД или 50 штук ЛЛ. К групповым линиям освещения лестниц, поэтажных коридоров, холлов, вестибюлей, технических

Таблица 10.4. Системы и способы управления освещением

Система управления	Способ управления	Способ осуществления	Основная область применения
Местное	—	Установка аппаратов управления (выключателей, автоматов) в непосредственной близости от ОП; в освещаемых помещениях или у входов в них у рабочих мест — для местного освещения на отдельных участках открытых пространств	Небольшие и средние по площади помещения производственных, общественных и жилых зданий; большие помещения при включении освещения частями; местное освещение. Освещение отдельных небольших участков открытых пространств, включаемое периодически: площадки наружных работ; погрузочно-разгрузочные участки; открытые склады; спортивные, игровые площадки в микрорайонах, парках, садах
Централизованное	Прямое	Установка на линиях питающей сети внутреннего освещения и линиях сети наружного освещения ручных коммутационных аппаратов управления — автоматов, рубильников, пакетных и других выключателей, размещаемых на щитах трансформаторной подстанции, на распределительных щитах в электропомещениях, магистральных щитках, вводно-распределительных устройствах, по длине линий питающей сети, на вводах групповых щитов	Большие помещения производственных и общественных зданий, общее освещение которых включается и отключается одновременно. Небольшие территории промышленных предприятий. Отдельные участки территорий промышленных предприятий, включаемые периодически: площадки наружных работ, погрузочно-разгрузочные участки, открытые склады и т. п. Спортивные, игровые площадки в микрорайонах, парках, садах
	Дистанционное	Установка магнитных пускателей (контакторов) в линиях питающей и групповой сетей внутреннего освещения производственных и общественных зданий и в линиях сети освещения открытых пространств	При необходимости включения и отключения из одного пункта общего освещения больших помещений, питаемого несколькими линиями или от нескольких трансформаторных подстанций. При необходимости управления общим освещением из нескольких мест. Освещение территорий промышленных предприятий при питании от двух и более трансформаторных подстанций. Наружное освещение городов и населенных пунктов
	Автоматическое (фотоавтоматическое и программное)	Такой же, как и при дистанционном управлении, и дополнительная установка фотоэлектрических или программных автоматов, включающих и отключающих магнитные пускатели (контакторы), установленные в линиях сети освещения, в зависимости от естественной освещенности или времени суток	Общее внутреннее освещение больших производственных помещений. Наружное освещение промышленных предприятий, городов, населенных пунктов. Огни светового ограждения высотных предприятий. Световые указатели, лестничные клетки, коридоры в жилых и общественных зданиях
	Телемеханическое	Такой же, как при дистанционном управлении. Включение и выключение магнитных пускателей, установленных в линиях сети освещения, производятся из диспетчерского или командного пункта с помощью телемеханических устройств	Наружное освещение промышленных предприятий, на которых предусмотрено телемеханическое управление энерго- или электроснабжением. НО крупных городов

Примечания: 1. Местное управление внутренним и наружным освещением может применяться для отдельных помещений и участков открытых пространств в дополнение к прямому, дистанционному, автоматическому и телемеханическому управлению.

2. При устройстве автоматического управления должна предусматриваться возможность переключения с автоматического режима управления на дистанционный.

3. Аппараты для местного и прямого управления освещением должны устанавливаться в удобных и легкодоступных для обслуживающего персонала местах.

подполий и чердаков жилых и общественных зданий допускается присоединять на фазу до 60 штук ЛН или ЛЛ мощностью до 65 Вт. Аппараты защиты в нулевых проводах устанавливать запрещается, за исключением взрывоопасных помещений класса В-I (см. § 12.1) (рис. 10.9, *б*). Автоматы для трехфазных четырехпроводных линий могут быть однополюсные и трехполюсные; последние применяются: при необходимости одновременного отключения всех ОП, питаемых группой; когда к трехфазной групповой линии присоединен трехфазный конденсатор для повышения коэффициента мощности; для линий, питающих трехфазные понижающие трансформаторы.

В трехфазных сетях без нейтрали, а также в трехфазных сетях с нулевым проводом при питании ОП линейным напряжением применяются двухпроводные (двухфазные) (рис. 10.10, *а*) и трехпроводные (трехфазные) (рис. 10.10, *б*) групповые линии, для защиты которых рекомендуются двух- и трехполюсные автоматы.

Управление освещением. Применяемые системы и способы управления внутренним и наружным освещением указаны в табл. 10.4. Аппараты управления должны устанавливаться: а) в сетях с глухим заземлением нейтрали — во всех фазных проводах, за исключением однофазных двухпроводных групповых линий взры-

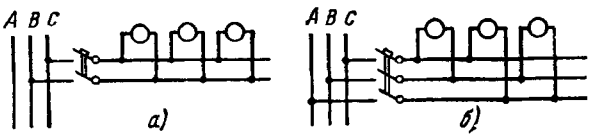


Рис. 10.10. Схемы групповых линий при трехфазной системе без нулевого провода.

воопасных помещений классов В-I, в которых должно предусматриваться одновременное отключение фазного и нулевого проводов; в двух- и трехфазных групповых линиях рекомендуются однополюсные аппараты управления и только для групповых линий, питающих лам-

пы ДРЛ, МГЛ, НЛВД и присоединенные к ним трехфазные конденсаторы, необходимы трехполюсные аппараты;

б) в сетях с изолированной нейтралью или без нейтрали — во всех незаземленных проводах линии, при этом аппараты управления должны обеспечивать их одновременное отключение; в помещениях без повышенной опасности в двухпроводных линиях допускается установка аппарата управления в одном проводе;

в) в сетях малого напряжения — в трехфазных линиях — во всех проводах, в двухфазных (двухпроводных) — в одном незаземленном проводе.

В качестве аппаратов управления рекомендуется использовать автоматы магистральных и групповых щитков.

Для участков помещений с разными условиями естественного освещения должно предусматриваться раздельное управление общим освещением. В помещениях с боковым естественным освещением рекомендуется включение ОП рядами, параллельными окнам. В протяженных помещениях с несколькими входами (туннели, галереи), посещаемых специальным персоналом, необходимо предусматривать управление освещением от каждого входа или части из них. Для запираемых складов, содержащих горючие материалы или материалы в горючей упаковке, вне склада устанавливается общий отключающий аппарат с приспособлением для опломбирования. Некоторые особенности управления освещением в ОЗ указаны в разд. 13.

Управление местным освещением производится выключателями, являющимися конструктивной частью ОП или расположенными в стационарной части электропроводки. В сетях малого напряжения допускается использование электрических соединителей.

Управление НО промышленных предприятий рекомендуется выполнять раздельным для: проходов и проездов, участков наружных работ, открытых технологических установок, открытых складов, светового ограждения высотных препятствий, охранного освещения, дежурного освещения. Светильники освещения входов в здания обычно питаются от сети внутреннего освещения, и управление ими осуществляется местными выключателями.

Вопросы управления внутренним и наружным освещением детально рассмотрены в [10.11]; рекомендуемые схемы дистанционного управления освещением приведены в [10.12].

Расчетные нагрузки. При проектировании ОУ определяют установленную мощность и расчетную осветительную нагрузку, необходимые для решения вопросов электроснабжения и расчета осветительных сетей.

Установленная мощность освещения, питаемого групповой линией, щитком, линией питающей сети внутреннего освещения производственных и общественных зданий, а также НО определяется как сумма мощностей всех ламп, питаемых соответствующим участком сети. Для ОП с ГЛ (кроме ламп типа ДКсТ) к мощности ИС прибавляют потери в ПРА, равные: 20 % для ЛЛ, включаемых по стартерным схемам, 30 % при бесстартерных схемах и 10 % для ламп ДРИ, МГЛ, ГЛВД до 400 Вт и 5 % — мощностью более 400 Вт.

Расчетная нагрузка определяется как установленная мощность, умноженная на коэффициент спроса K_c, учитывающий одновременность горения ИС в ОУ. Для групповых линий освещения производственных и общественных зданий и линий НО принимается $K_c = 1$, для питающей сети $K_c \leqslant 1$ в зависимости от назначения и размеров зданий и участков питающей сети. Значения K_c приведены в [10.1—10.3], а для ОЗ также в разд. 13.

Установленная мощность (и расчетная нагрузка) групповых линий, питающих понижающие трансформаторы, принимается равной номинальной мощности присоединенных к ним трансформаторов.

При проектировании осветительной сети жилых зданий кроме нагрузок электрического освещения учитываются нагрузки от бытовых электрических приборов. Значения расчетных нагрузок для разных участков осветительной сети жилых домов определяются исходя из нормативов удельных нагрузок на одну квартиру и числа квартир, питаемых линией. Нормативы приведены в [10.13].

Расчет осветительных сетей. Сечения проводников осветительных сетей выбираются исходя из трех условий: по расчетному току нагрузки, по потере напряжения, по механической прочности.

В ПУЭ [45], электротехнических и светотехнических справочниках (например, [26]) приводятся таблицы допустимых по условиям нагрева токовых нагрузок на провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами в зависимости от вида изоляции проводников, их сечения, числа совместно прокладываемых токоведущих жил, способов и условий прокладки сети. Расчетный ток линий осветительной сети определяется по формулам, приведенным в [26, 18].

Сечение нулевых проводников трехфазных четырехпроводных линий, питающих ЛН и ГЛ с некомпенсированными ПРА, а также на некомпенсированных участках линий с групповой компенсацией принимается равным или близким к 50 % сечения фазных проводников. Для линий, питающих ГЛ с компенсированными ПРА, и на компенсированных участках при групповой компенсации сечения нулевых проводников должны проверяться по расчетному току фазных проводов.

Расчет сети по потере напряжения предусматривает выбор такого сечения проводников, при котором снижение напряжения у наиболее удаленного ИС не превышает предельно допустимых значений: у ИС внутреннего рабочего освещения производственных, общественных зданий и наружных прожекторных установок — не более 2,5 % номинального напряжения ламп и у ламп освещения жилых зданий, аварийного, эвакуационного освещения и НО, выполненного светильниками, — не более 5 % [45]. В установках с ГЛ указанные требования относятся к напряжению, подводимому к ПРА.

Допустимая потеря напряжения в осветительной сети зависит от мощности трансформатора, питающего ОУ, степени его загрузки, коэффициента мощности питаемых от трансформатора потребителей и некоторых других условий. Как правило, потеря напряжения в осветительных сетях от шин трансформатора до наиболее удаленной лампы находится в пределах: от 3 до 5,5 % при допустимом снижении номинального напряжения у ламп на 2,5 % и от 5,5 до 8 % при снижении на 5 %. Данные о допустимых потерях напряжения в осветительной сети для различных условий приведены в [26].

Минимальные допустимые сечения проводников по механической прочности, зависящие от применяемого проводникового материала (алюминий, медь), конструкции проводников (незащищенные, защищенные провода, кабели), их назначения, способов и мест прокладки, приводятся в ПУЭ и справочниках [26].

Защита осветительных сетей. Все осветительные сети должны быть защищены от коротких замыканий и в следующих случаях также от перегрузки: сети внутри помещений, выполненные открыто проложенными незащищенными изолированными проводами с горючей оболочкой; в пожаро- и взрывоопасных помещениях и взрывоопасных НО; осветительные сети и сети для бытовых и переносных электроприемников в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий.

Защита сетей осуществляется автоматическими

выключателями (автоматами) и плавкими предохранителями. Автоматы, используемые для осветительных сетей, могут иметь тепловые или комбинированные (тепловые и электромагнитные) расцепители. Номинальные токи аппаратов защиты при проектировании осветительных сетей выбирают с учетом следующих условий.

1. Для обеспечения надежной защиты должны быть выдержаны:

а) минимально допустимые соотношения между током короткого замыкания и номинальным током аппарата защиты в зависимости от типа защитного аппарата и места прокладки сети;

б) определенные соотношения между допустимыми токами проводников и номинальными токами аппаратов защиты в зависимости от условий, указанных в подпункте «а», и, кроме того, от типов проводников, способов их прокладки и отсутствия или наличия требования защиты сети от перегрузки.

2. Номинальные токи аппаратов защиты нужно выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам защищаемых участков сети, но с учетом того, чтобы аппараты защиты не отключали линий от пусковых токов ИС.

3. Аппараты защиты устанавливают в цепях всех нормально не заземленных полюсов и фаз, за исключением двухпроводных групповых линий взрывоопасных зон класса В-I, для которых аппараты защиты необходимо устанавливать также в цепи нулевого заземленного провода.

4. Групповые линии внутреннего освещения защищают автоматами с расцепителями или предохранителями с плавкими вставками на номинальный ток не более 25 А, а группы, питающие ГЛ мощностью 125 Вт и выше и ЛН мощностью 500 Вт и выше, — на номинальный ток не более 63 А.

Повышение коэффициента мощности. Светильники на две и более ЛЛ укомплектовываются ПРА, обеспечивающими коэффициент мощности не ниже 0,92; одноламповые ОП имеют ПРА с коэффициентом мощности не ниже 0,85. Большинство ОП с лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД имеют некомпенсированные ПРА (коэффициент мощности в среднем 0,5) и только некоторые типы ОП для НО с этими ИС укомплектовывают компенсированными ПРА.

При большой мощности ОУ с лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД с некомпенсированными ПРА проектировщики электроснабжения, силового электрооборудования и электроосвещения должны решать вопрос о необходимости и способах компенсации реактивной мощности ГЛ. Одним из них является групповая компенсация, заключающаяся в присоединении трехфазных конденсаторов к трехфазным групповым линиям (рис. 10.11) или к линиям питающей сети (см. рис. 10.12, *б*). Для повышения коэффициента мощности с 0,5 до 0,9 мощность конденсаторов определяется из расчета: на 1 кВт мощности ламп, включая потери в ПРА, необходимо примерно 1,2 квар реактивной мощности конденсаторов. Для ОУ выпускаются комплектные конденсаторные установки с двумя—четырьмя не соединенными между собой трехфазными конденсаторами мощностью 18, 25, 36 и 50 квар каждый. При расчете по току нагрузки групповых линий, указанных на рис. 10.11, необходимо учитывать, что на некомпенсированном участке линий расчетный ток существенно выше, чем ток, протекающий через автомат, в соответствии с чем сечение проводов следует выбирать по току некомпенсированного участка.

Стабилизация напряжения в осветительных сетях. Согласно [10.9] повышение номинального напряжения на ИС более чем на 5 % не допускается. На трансформаторных подстанциях многих промышленных предприятий в течение длительного времени может быть повышенное напряжение, что приводит к преждевременному выходу ламп из строя. В таких случаях на линиях питающей осветительной сети 380/220 В устанавливают тиристорные ограничители напряжения типа ТОН-3 [10.14], работающие при отклонениях питающего напряжения в пределах от +30 до —20 % и имеющие регулировку уставки выходного напряжения в пределах 0,8—1,05 номинального. Повышение напряжения при его

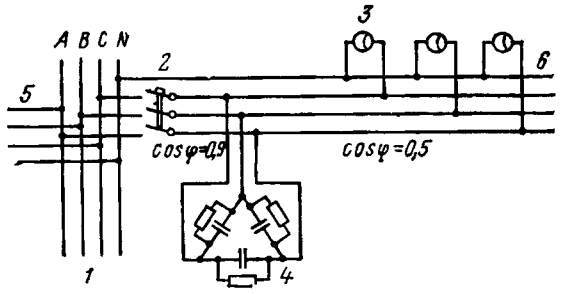


Рис. 10.11. Повышение коэффициента мощности в групповых линиях с лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД.

1 — шины группового щитка; *2* — трехполюсный автомат группового щитка; *3* — светильники с некомпенсированными ПРА; *4* — трехфазный конденсатор с внутренними разрядными сопротивлениями; *5* — линия питающей сети; *6* — групповая линия.

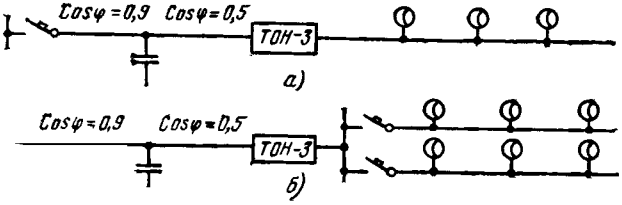


Рис. 10.12. Включение ограничителей напряжения типа ТОН-3 в сети с лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД.

а — при конденсаторах на групповых линиях; *б* — при конденсаторах на линиях питающей сети.

снижении на источниках питания аппараты ТОН не обеспечивают. В установках с ДРЛ, МГЛ, НЛВД они должны включаться только в некомпенсированные участки сети (рис. 10.12). Для ОУ промышленных предприятий, в системах электроснабжения которых могут иметь место длительные понижения напряжения более чем на 5 %, применяют трехфазные стабилизаторы напряжения разных типов, включаемые в линии питающей сети. Методы и средства регулирования напряжения в осветительных сетях рассмотрены в [10.15].

Электробезопасность. При проектировании ОУ предусматривают следующие основные меры, обеспечивающие электробезопасность как для лиц, находящихся в помещениях и на открытых пространствах, так и для персонала, обслуживающего освещение:

1. зануление или заземление металлических нетоковедущих частей ОУ в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных и во всех наружных ОУ;

2. выбор ОП, электрооборудования и ЭУ со степенью защиты не ниже требуемой для данных условий окружающей среды;

3. выбор способов прокладки и трассы прокладки осветительной сети в соответствии с условиями среды и местными особенностями проектируемого объекта;

4. применение малого напряжения для питания общего освещения помещений с повышенной опасностью и особо опасных при высоте установки СП с ЛН менее

2,5 м или использование в таких условиях ОП с конструкцией, исключающей доступ к ИС без применения инструмента.

Указания и рекомендации по устройству зануления и заземления содержатся в ПУЭ, инструкциях и справочниках [10.1—10.3].

Выполнение осветительных сетей. Для сетей внутреннего и наружного освещения применяют провода и кабели с алюминиевыми жилами. Проводники с медными жилами обязательны только во взрывоопасных зонах (помещениях) классов В-I и В-Iа, в некоторых помещениях зрелищных предприятий, а также для переносных ОП.

При выборе способов выполнения осветительных сетей следует учитывать требования пожарной безопасности, удобство обслуживания, выполнение монтажа индустриальными методами и необходимость наименьшей затраты дефицитных материалов (в частности, стальных труб). Способы электропроводок, марки проводов и кабелей, рекомендуемые для осветительных сетей, приведены в справочниках и инструкциях [26, 10.1 — 10.3, 10.16].

Для питающих и групповых осветительных сетей кроме проводов и кабелей применяются распределительные и осветительные шинопроводы.

В основных помещениях ОЗ рекомендуется выполнять скрытые сменяемые электропроводки. Скрытые несменяемые электропроводки допускаются в случаях невозможности прокладки труб (винипластовых, стальных) в перекрытиях, стенах, перегородках и т. п. или устройства замкнутых каналов для электропроводки в строительных конструкциях.

Электрооборудование для ОУ. В ОУ кроме ИС и ОП применяют магистральные и групповые щитки; блоки, шкафы и ящики для дистанционного управления освещением; шкафы и ящики с автоматами, предохранителями, рубильниками, выключателями; вводно-распределительные устройства; фотоэлектрические автоматы; понижающие трансформаторы; ограничители и стабилизаторы напряжения; комплектные конденсаторные установки; ЭУ (выключатели, электрические соединители) и др.

При разработке проектов освещения электрооборудование выбирают по каталогам и другим информационным материалам. Проверка соответствия выбранного электрооборудования условиям окружающей среды в местах устаиовки осуществляется по степени защиты оболочек оборудования, установленной стандартом [50]. При отсутствии сведений о степени защиты изделий следует руководствоваться указаниями о их назначении, области применения и условиях эксплуатации, содержащихся в информационных материалах.

Конструктивное исполнение. Конструктивные решения ОУ принимаются по альбомам типовых конструктивных чертежей узлов и деталей и по конструктивным чертежам повторного применения, выполненными для аналогичных объектов (см. § 10.1). При отсутствии для отдельных ОУ таких материалов разрабатывают необходимые конструктивные чертежи.

Наиболее часто требуется выполнять конструктивные чертежи совмещенной прокладки питающих осветительных и силовых сетей в ОЗ, чертежи установки светильников и прожекторов для внутреннего и наружного архитектурного освещения и освещения уникальных объектов. Систематизированные сведения по разработке конструктивных узлов ОУ, технические требования к узлам и примеры их решений приведены в [10.17], а для общественных зданий также в разд. 13.

При проектировании ОУ выдаются строительные задания на электротехнические помещения для осветительного (или осветительиого и силового) электрооборудования, на устройства доступа к светильникам для обслуживания — мостики, площадки и др. (см. § 10.4), проемы в перекрытиях и стенах для установки светильников и прокладки осветительных сетей. Рабочие строительные чертежи, в которых реализуются выданные строительные задания, должны согласовываться с проектировщиками, выдавшими эти задания.

10.4. УЧЕТ ТРЕБОВАНИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПРОЕКТАХ

При разработке проектов ОУ предусматриваются меры, направленные на облегчение эксплуатации искусственного освещения и тем самым способствующие повышению его эффективности.

Светотехнические мастерские и лаборатории. На крупных промышленных предприятиях и в общественных зданиях с числом установленных ОП общего освещения свыше 4000 целесообразно предусматривать светотехнические мастерские, а при числе ОП свыше 15 000 — также и светотехнические лаборатории (см. § 11.2). Для таких объектов рекомендуется выдавать организациям — генеральным проектировщикам или заказчикам проектов задания на проектирование мастерских и лабораторий. В качестве вспомогательного материала при выдаче заданий может использоваться работа, выполненная Ленинградским отделением ВНИПИ Тяжпромэлектропроекта, «Мастерские для ремонта и чистки светильников и установки для дезактивации ртути отработанных газоразрядных ламп» (шифр Л2714), а также рекомендации [10.18]. Светотехнические мастерские-лаборатории могут быть в составе электроремонтных цехов предприятий или организовываться как самостоятельные производственные подразделения. Разработка технологических проектов мастерских и лабораторий проводится институтами-генпроектировщиками или привлеченными специализированными организациями.

Штаты обслуживающего персонала. На стадиях разработки П, а для крупных зданий и сооружений разного назначения и на стадии РП организации — генеральные проектировщики определяют штаты основного и вспомогательного персонала, необходимого для нормального функционирования объекта. В штаты персонала целесообразно включать также инженерно-технических работников и электромонтеров для обслуживания ОУ с использованием рекомендаций, приведенных в § 11.2.

10.5. ЭКОНОМИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

На искусственное освещение в нашей стране расходуется около 13 % вырабатываемой электроэнергии, что в 1980 г. составило не менее 180 млрд. кВт·ч в год. Бережное, с наибольшим экономическим эффектом расходование такого значительного количества энергии является большой и важной народнохозяйственной задачей. Экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет отключения части ОП или отказа от использования искусственного освещения при недостаточном уровне естественного света, поскольку уменьшение освещенности приводит к понижению ЗР, ухудшению психофизиологического состояния людей, повышению травматизма, снижению производительности труда и качества продукции. Потери от ухудшения осветительных условий значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии.

Ниже приводятся основные рекомендации и мероприятия по экономному и рациональному использованию электроэнергии в ОУ [10.19, 10.20].

1. Сокращение областей применения ЛН и расширение использования ГЛ, преимущественно тех, которые имеют наибольшую световую отдачу. Исследования ВНИСИ показывают, что расход электроэнергии от замены ЛН газоразрядными сокращается при лампах ДРЛ на 40 %, ЛЛ на 55 %, МГЛ на 65 % и НЛВД на 70 %.

2. Использование ГЛ, а также ЛН возможно большей единичной мощности при соблюдении нормативных требований к качеству освещения (ослепленность, отраженная блескость, пульсация освещенности).

3. Применение в ОУ с ЛЛ при отсутствии требований к цветоразличению ламп типа ЛБ, обладающих высокой световой отдачей; при повышенной температуре в зоне работы ИС — амальгамных ламп типа ЛБА, а в ОП для тяжелых условий среды, не имеющих отражателей, — рефлекторных ламп типа ЛБР.

4. Применение ламп типа ДНаТ в помещениях высотой более 10 м, где выполняются зрительные работы VI и VIII разрядов. При необходимости для улучшения цветопередачи можно дополнительно к лампам этого типа включать лампы типа ДРЛ в количестве 30—50 % или МГЛ в количестве 20—40 % общей установленной мощности.

5. Использование ЛН или ГЛН для освещения помещений с тяжелыми условиями среды; при отсутствии для данных условий ОП с ГЛ применение их в случае технико-экономической целесообразности в помещениях с постоянным пребыванием людей, где происходит зрительная работа VI и VIII разрядов; в помещениях с временным пребыванием людей, где выполняются зрительные работы VI и VIII разрядов; в помещениях (независимо от точности выполняемых работ), где недопустимы радиопомехи; в помещениях высотой менее 2,5 м, где по условиям электробезопасности для питания освещения применяется малое напряжение; для местного освещения, а также при невозможности конструктивной установки ОП с ЛЛ.

6. Применение системы освещения, наиболее рациональной для данных условий работы. В помещениях, где выполняются зрительные работы I разряда, должна использоваться система комбинированного освещения, для II—IV разрядов при наличии технико-экономических обоснований допускается система общего освещения. Комбинированное освещение целесообразно для зрительных работ II разряда, когда площадь на одного работающего в помещении составляет в среднем 3 м² и более; для III разряда, когда площадь на одного работающего — 5 м² и более, а для IV разряда — 10 м² и более.

Применение локализованного размещения ОП общего освещения при системе общего освещения в помещениях с несимметричным расположением технологического оборудования и малой плотностью его размещения, а также при выполнении в помещении зрительных работ различной точности.

7. Выбор ОП с наиболее целесообразным светораспределением и размещение ОП при наивыгоднейших соотношениях расстояния между ними и высоты установки (см. § 12.1 и разд. 13).

8. Предпочтение при выборе ОП по конструктивному исполнению для помещений с тяжелыми условиями среды, относящимся к 5—7-й эксплуатационным группам (см. табл. 12.1, 12.2), применение которых позволяет уменьшать значение коэффициента запаса на 0,2.

9. Применение комплектных осветительных устройств КОУ со щелевыми световодами для освещения помещений с тяжелыми условиями среды (взрывоопасных, пыльных и т. п.), относящихся по точности зрительных работ к III—VI разрядам, а также при трудном доступе к ОП. Это может дать экономию электроэнергии 10—15 % по сравнению с освещением ОП для тяжелых условий среды.

10. Использование системы управления освещением, позволяющей осуществлять своевременное полное или частичное включение и выключение ОУ. В производственных зданиях с боковым и комбинированным (верхним и боковым) естественным светом и в помещениях общественных зданий должно обеспечиваться отключение рядов ОП, параллельных окнам, что приводит к снижению расхода электроэнергии на 5—10 %, а в помещениях с совмещенным освещением (см. § 10.2) рекомендуется проводить включение и выключение отдельных групп ОП в зависимости от уровня освещенности, создаваемого естественным светом в различных зонах помещения. Эта мера дает экономию электроэнергии порядка 10—20 %. Для НО промышленных предприятий, городов и населенных пунктов и для внутреннего освещения больших производственных помещений целесообразно устройство централизованного дистанционного, телемеханического или автоматического управления (см. § 10.3), что дает экономию электроэнергии в размере 10—15 %.

11. Питание напряжением 660/380 В (система с глухим заземлением нейтрали) ОУ большой мощности без промежуточной трансформации, включая специально предназначенные для этого ОП на фазное напряжение 380 В. Питание ОУ напряжением 660/380 В может обеспечить экономию электроэнергии до 12 % за счет увеличения световой отдачи ИС и уменьшения потерь в сети и ПРА.

12. Применение в осветительных сетях, где длительное время поддерживается повышенное напряжение, тиристорных ограничителей напряжения типа ТОН-3, эффективность использования которых подтверждена опытом их эксплуатации.

13. Применение в ОУ, где мощность ГЛВД значительна (сотни и более киловатт), групповых трехфазных конденсаторов (см. § 10.3), которые снижают потери электроэнергии и сокращают потребность в кабелях, проводах, коммутационных и защитных аппаратах для осветительных сетей.

14. Применение при проектировании освещения и реализации при строительстве объектов устройств и приспособлений для удобного и безопасного доступа к ОП (см. разд. 11). На стадии проектирования следует также определять штаты персонала, необходимого для обслуживания освещения.

15. Чистка остеклений окон и световых фонарей в производственных и общественных зданиях не реже двух раз в год, что позволит сокращать время включения искусственного освещения и дать экономию электроэнергии в среднем на 5—10 %.

16. Повышение коэффициента использования естественного и искусственного освещения, для чего окрашивать помещения производственных и общественных зданий в светлые тона.

17. Реконструкция старых ОУ, не отвечающих современным требованиям к искусственному освещению.

10.6. МЕТОДЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Для выбора оптимального проектного решения наряду с разносторонней оценкой положительных и отрицательных факторов сравниваемых вариантов осуществляется их технико-экономическое сопоставление путем выполнения технико-экономических расчетов (ТЭР).

Технико-экономическая оценка вариантов ОУ проводится по разным критериям экономичности. Ниже приводятся используемые в проектной практике крите-

рии экономической оценки ОУ и сведения о методике выполнения ТЭР.

Экономическая эффективность улучшения осветительных условий в производственных помещениях. Некоторые производственные процессы отличаются большой отзывчивостью к увеличению освещенности и улучшению качества освещения (см. разд. 8), в результате чего повышается производительность труда и качество продукции (§ 12.1). Однако в проектной практике обоснованное повышение нормативных требований к освещению применяется крайне редко (и только для внутреннего освещения) ввиду отсутствия достоверных данных о влиянии освещения на экономические показатели производства. При наличии таких данных оценка экономичности вариантов проводится методом приведенных затрат [11, 10.21]. Приведенными затратами для ОУ называется сумма годовых эксплуатационных расходов на содержание ОУ и 15 % капитальных вложений на ее монтаж. Указанный процент соответствует коэффициенту эффективности капитальных вложений, равному 0,15 и обусловленному [56].

При сопоставлении вариантов ОУ, равноценных по светотехническому эффекту, выполняются два вида расчетов: а) сравниваются различные варианты только ОУ, а остальные составляющие стоимости строительства и эксплуатации здания или сооружения (строительная, технологическая, санитарно-техническая и др.) не рассматриваются. Такие сравнения выполняются для установок как внутреннего, так и наружного освещения; б) проводится комплексное сопоставление различных вариантов зданий, при котором учитывается стоимость строительства и эксплуатации всех составляющих частей объекта, в том числе внутреннего освещения.

В первом случае наиболее экономичный вариант выявляется по минимуму приведенных затрат, при определении которых не учитываются расходы на монтаж и эксплуатацию электротехнической части ОУ, поскольку эти расходы для сравниваемых вариантов мало отличаются и составляют небольшую часть от общих затрат. Во втором случае отдельно подсчитываются капитальные затраты и годовые эксплуатационные расходы, а при необходимости определяются также приведенные затраты.

Равноценными по светотехническому эффекту считаются такие ОУ, для которых расчетные освещенности (НО городов, поселков и сельских населенных пунктов — расчетные средние освещенности или средние яркости дорожных покрытий) отличаются не более чем на +20÷—10 %, параметры качества освещения — показатели ослепленности или дискомфорта и коэффициент пульсации — не превышают требуемых по нормам, а цилиндрическая освещенность (являющаяся также показателем качества освещения) не ниже нормируемой.

Выполнение ТЭР повышенной точности. Такие расчеты выполняются при необходимости обоснования проектного решения для отдельных элементов ОУ (по светотехнической и электротехнической частям, для строительных элементов, средств доступа к светильникам), для которых не могут приниматься усредненные значения амортизационных отчислений (входящих в эксплуатационные расходы) или должны учитываться дополнительные факторы, не отраженные в методике и расчетных формулах для выполнения ТЭР в случаях, указанных выше.

Технико-экономические сопоставления равноценных по светотехническому эффекту установок внутреннего освещения проводятся по (10.1)—(10.4), установок НО — по (10.5) и (10.6). Пря выполнении расчетов по указаниым формулам необходимо иметь в виду следующее.

1. Капитальные вложения на ОУ, учитываемые при определении приведенных затрат, складываются из стоимости ОП, их монтажа и стоимости одного комплекта ламп. Электротехническая часть ОУ в капитальные затраты не включается. При выполнении комплексных ТЭР необходимо учитывать все составляющие стоимости ОУ и к указанным капитальным вложениям прибавлять стоимость приобретения и монтажа всех элементов электротехнической части.

2. Годовые эксплуатационные расходы, учитываемые при определении приведенных затрат, включают в себя оплату электроэнергии, затрачиваемой на освещение в течение года, стоимость заменяемых за год ламп, расходы на чистку ОП и амортизационные отчисления, принимаемые в размере 10 % указанных выше капитальных вложений и 2 % капитальных вложений на строительные элементы установок НО (опоры, прожекторные мачты и вышки). В полные годовые эксплуатационные расходы, которые бывает необходимо определять при комплексных ТЭР, кроме того, включаются амортизационные отчисления на электротехническую часть, принимаемые в размере 10 % капитальных вложений на все элементы электротехнической части ОУ.

3. Для того чтобы определить по каждому сравниваемому варианту ОУ приведенные затраты, капитальные вложения, годовые эксплуатационные расходы и полные приведенные затраты, необходимо знать следующие данные для каждого варианта, выявленные в результате светотехнических расчетов: тип ОП, их количество и мощность устанавливаемых в них ИС. Подсчет количества ОП можно вести для всего освещаемого объекта (помещения, наружной ОУ) или для его части (например, одного строительного модуля для внутреннего освещения, 1 км освещаемой дороги для НО).

Основные показатели для установки внутреннего освещения, содержащей N светильников, определяются по следующим формулам:

приведенные затраты, руб.,

$$Q = N\left[\frac{T(A+a)n}{\tau} + \frac{\alpha pTqn + 150An + 250(Б+M) + 1000mB}{1000}\right]; \quad (10.1)$$

капитальные вложения, руб.,

$$K = N(An + Б + M + 0{,}001\alpha pCn); \quad (10.2)$$

эксплуатационные расходы, руб.,

$$Э = N\left[\frac{T(A+a)n}{\tau} + \frac{\alpha pTqn + 100(Б+M) + 0{,}1\alpha pCn + 1000mB}{1000}\right]; \quad (10.3)$$

полные приведенные затраты, руб.,

$$Q_п = 0{,}15K + Э \quad (10.4а)$$

или

$$Q_п = N\left[\frac{T(A+a)n}{\tau} + \frac{\alpha pTqn + 150An + 250(Б+M) + 0{,}25\alpha pCn + 1000mB}{1000}\right] \quad (10.4б)$$

Приведенные затраты, руб., для установок НО определяются по следующим формулам:

для N светильников или прожекторов каждого типа и мощности, используемых в ОУ,

$$Q = N\left[\frac{T(A+a)n}{\tau} + \frac{\alpha pTqn + 150An + 250Б + 170\delta + 1000mB}{1000}\right] + \lambda; \quad (10.5)$$

для 1 км освещаемой трассы улицы, дороги, охранной зоны

$$Q = \frac{\dfrac{1000T(A+a)n}{\tau} + \alpha pTqn + 150An + 250Б + 170\delta + 1000mB}{L} + \mu. \quad (10.6)$$

В (10.1)—(10.6) приняты следующие обозначения: n — число ламп в одном ОП (светильнике, прожекторе), при одной лампе $n=1$; n_c — число светильников на одной опоре наружного освещения; p — мощность одной лампы, Вт; τ — номинальный срок службы ламп, ч; T — число часов использования максимума осветительной нагрузки в год; q — тариф на электроэнергию, руб/(кВт·ч); m — число чисток ОП в год; A — цена одной лампы, руб.; $Б$ — цена одиого ОП, руб.; M — стоимость монтажа, руб.: для внутреннего освещения — одного ОП, для наружного освещении — изготовления и установки одной опоры и монтажа на ней n_c светильников; C — стоимость монтажа электротехнической части ОУ на 1 кВт установленной мощности ламп и потерь в ПРА (для установок с ГЛ), руб/кВт; a — стоимость работ по замене одной лампы, руб.; B — стоимость одной чистки одного ОП, руб.; L — расстояние между светильниками или прожекторами для освещения улицы, дороги или охранной зоны, м; α, δ, λ, μ — коэффициенты, указанные в табл. 10.5 (коэффициент α учитывает потери энергии в ПРА и в сети).

Таблица 10.5. **Коэффициенты** α, δ, λ, μ

Вид ОУ	Источник света	Значения коэффициентов α	δ	λ	μ
Внутреннее освещение	ЛН	1,03	—	—	—
	ЛЛ	1,23	—	—	—
	ГЛВД	1,14	—	—	—
Наружное освещение светильниками	ЛН	1,05	M/n_c	0	0
	ЛЛ	1,26	M/n_c	0	0
	ГЛВД	1,16	M/n_c	0	0
Наружное освещение прожекторами и светильниками с лампами ДКсТ	ЛН, ДКсТ	1,03	$M_{пр}$	$0{,}17(N_м M_м + N_в M_в)$	—
	ГЛВД	1,03	$M_{пр}$	$0{,}17(N_м M_м + N_в M_в)$	—
Охранное освещение прожекторами	ЛН	1,03	$M_{пр}$	—	$0{,}17M_п П$

Примечание. $M_{пр}$ — стоимость монтажа на мачте или вышке одиого прожектора или светильника с лампами типа ДКсТ, руб.; $N_м$, $N_в$ — количество прожекторных мачт, вышек в ОУ; $M_м$, $M_в$ — стоимость изготовлении и установки одной прожекторной мачты, вышки, руб.; $M_п$ — стоимость изготовлении и устаиовки одной промежуточной опоры без прожекторов, руб.; $П$ — количество промежуточных опор без прожекторов на 1 км охраниой зоны.

Если в ОУ применяются ОП разных типов или с лампами разной мощности, подсчет по формулам проводится раздельно для каждого случая и полученные результаты суммируются. Для расчета показателей по формулам кроме сведений о типе, мощности и количестве ОП, выявленных светотехническими расчетами, необходимо знать значения ряда других величин, влияющих на показатели стоимости.

Таблица 10.6. **Годовое число часов использования максимума нагрузки некоторых осветительных установок**

Вид ОУ	Вид освещения	Режим работы	Географическая широта	Число часов в год
Внутреннее освещение промышленных предприятий:				
помещения с естественным освещением	Рабочее и аварийное	1 смена	Южнее 50° с. ш.	700
			От 50° до 60° с. ш.	750
			Севернее 60° с. ш.	850
	То же	2 смены	Любая	2250
	» »	3 смены	»	4150
	» »	3 смены, непрерывная работа предприятии	»	4800
	Эвакуационное	1, 2 и 3 смены	»	4800
помещения без естественного освещения	Рабочее и аварийное	1 смена	Любая	2150
	То же	2 смены	»	4300
	» »	3 смены	»	6500
	» »	3 смены, непрерывная работа предприятия	»	8760
Наружное освещение территорий промышленных предприятий:	Эвакуационное	1, 2 и 3 смены	»	8760
включается ежедневно	Рабочее и аварийное	До 24 ч	Любая	2100
	То же	До 1 ч	»	2450
	» »	Всю ночь	»	3600
	Охранное	То же	»	3500
включается в рабочие дни	Рабочее и аварийное	До 24 ч	Любая	1750
	То же	До 1 ч	»	2060
	» »	Всю ночь	»	3000
	Охранное	То же	»	3500
Наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов		До 24 ч	Любая	1950
		До 1 ч	»	2350
		Всю ночь	»	3500

Таблица 10.7. **Ориентировочная стоимость очистки одного светильника и замены одной лампы**

Способ доступа к светильникам для обслуживания	Стоимость одной чистки светильника, руб., с ИС		
	ЛН	ГЛВД	ЛЛ
Лестницы, стремянки	0,4	0,5	0,6
Напольные передвижные подъемные устройства (вышки):			
несамоходные	0,5	0,6	0,75
самоходные	0,6	0,8	1,0
Мостовые технологические краны и кран-балки с прицепными мостиками при их технологической загрузке до, %:			
25	0,75	1,0	1,25
40	0,9	1,2	1,5
60	1,2	1,6	2,0
Ремонтные мостовые краны и кран-балки с прицепными мостиками	0,7	0,9	1,1
Стационарные мостики, галереи, площадки	0,3	0,4	0,5

Срок службы ИС τ принимается по данным стандартов, технических условий и каталогов. Срок службы некоторых типов ламп приведен в разд. 4. Годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки ОУ T рекомендуется принимать по табл. 10.6, в которой приведены данные для некоторых распространенных ОУ. Тариф на электроэнергию q принимается по расценкам энергоснабжающих организаций, а при отсутствии данных стоимость 1 кВт·ч для промышленных предприятий рекомендуется принимать равной 0,015 руб. Количество чисток ОП в год m принимается по СНиП [44] или по отраслевым нормам искусственного освещения. Цены ламп A и осветительных приборов $Б$ принимаются по действующим прейскурантам или данным изготовителей без каких-либо начислений и транспортных расходов. Стоимость монтажа отдельных элементов ОУ, изготовления и установки опор, мачт и вышек для НО принимается по ценникам на электромонтажные и строительные работы. Стоимость монтажа электротехнической части ОУ на 1 кВт установленной мощности C выявляется из ранее разработанных аналогичных рабочих проектов освещения и составленных к ним смет, при этом из смет исключаются стоимость приобретения и монтажа ОП, стоимость ламп и все начисления и транспортные расходы. Стоимость замены одной лампы a и чистки одного ОП B принимается по данным эксплуатирующих организаций, а при отсутствии сведений — по данным табл. 10.7.

Подсчет показателей ОУ по приведенным формулам требует значительных затрат времени. Для упрощения расчетов в [10.22] даны упрощенные формулы для некоторых частных случаев установок внутреннего освещения. Методика и расчетные формулы для выполнения ТЭР повышенной точности для различных случаев, основанные на методике приведенных затрат, изложены в [10.23].

Стоимость замены одной лампы определяется умножением стоимости чистки светильника на коэффициент, равный 0,7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

10.1. **СН 357-77.** Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.

10.2. **СН 543-82.** Инструкция по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства.

10.3. **СН 541-82.** Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов.

10.4. **Кроль Ц. И., Мамсурова Е. И.** Определение слепящего действия осветительных установок в производственных помещениях. — Светотехника, 1979, № 11, с. 1—6.

10.5. **Перова Г. Н., Ундасынов Г. Н., Федюкина Г. В.** Оценка слепящего действия осветительных установок общественных зданий по дискомфорту. — Светотехника, 1979, № 11, с. 6—8.

10.6. **Свиридов Ю. И.** Расчет коэффициента пульсации в осветительных установках с газоразрядными источниками света. — Светотехника, 1967, № 6, с. 10—15.

10.7. **Кроль Ц. И., Свиридов Ю. И.** Методы расчета коэффициента пульсации освещенности в установках внутреннего освещения с газоразрядными источниками света.—Светотехника, 1972, № 2, с. 19—25.

10.8. **СН 245-71.** Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

10.9. **ГОСТ 13109-67.** Нормы качества электрической энергии у ее приемников, присоединенных к электрическим сетям общего пользования.

10.10. **Электрические** сети жилых зданий/Г. В. Мирер, И. К. Тульчин, Г. С. Гринберг, В. Н. Смирнов. — М.: Энергия, 1974. — 264 с.

10.11. **Дадиомов М. С.** Управление электрическими сетями.— Л.: Энергия, 1973. — 88 с.

10.12. **Малкина И. Д.** Схемы дистанционного управления освещением. — Светотехника, 1977, № 4, с. 19—22.

10.13. **СН 544-82.** Инструкция по проектированию электрооборудования жилых зданий.

10.14. **Кнорринг Г. М., Куигс Я. А.** Тиристорные ограничители напряжения ТОН-3 и рекомендации по их применению. — Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок (Тяжпромэлектропроект). 1977, № 8, с. 7—11.

10.15. **Куигс Я. А., Трошин П. М.** Автоматизация управления и регулирования напряжений в осветительных установках. — М.: Энергия, 1979. — 129 с.

10.16. **Пашковский Р. И.** Выполнение электропроводок. — Светотехника, 1978, № 9, с. 22—24.

10.17. **Гиндин Э. Л., Кузнецов В. М.** Конструктивные узлы осветительных установок. — Л.: Энергия, 1979. — 136 с.

10.18. **Альтшулер Б. Н.** О проектировании мастерских для очистки и профилактического ремонта осветительной арматуры. — Светотехника, 1969, № 3, с. 21—22.

10.19. **Об «Инструкции** по рациональному использованию электроэнергии и снижению затрат в промышленных осветительных установках (внутреннее освещение)»/Ю. Б. Айзенберг, Л. С. Гусева, Ц. И. Кроль, М. А. Фаермарк. — Светотехника, 1981, № 5, с. 14—16.

10.20. **Инструкция** по эффективному использованию электроэнергии в промышленных осветительных установках. — Светотехника, 1981, № 5, с. 4—13.

10.21. **Матлис В. С.** Экономическая эффективность повышения освещенности производственных помещений. — Светотехника, 1972, № 6, с. 20—21.

10.22. **Клюев С. А.** Технико-экономические расчеты при проектировании осветительных установок. — Светотехника, 1981, № 7, с. 23—27.

10.23. **Развитие** методики технико-экономических расчетов при проектировании освещения промышленных предприятий/ А. И. Воробьев, В. П. Засорина, Л. М. Зельцбург, С. А. Клюев. — Светотехника, 1979, № 4, с. 18—21.

Раздел одиннадцатый

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

11.1. ОБЩИЕ ЗАДАЧИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ЕЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Парк установленных в нашей стране световых точек (исключая жилые дома) составляет примерно 600 млн. шт. На устройство ОУ расходуется значительное количество светотехнических изделий (ОП, ПРА, ЭУ и т. п.), ИС, электрического оборудования и кабельных изделий.

Основной задачей эксплуатации ОУ является обеспечение условий зрительной работы и комфортности световой среды, заложенных при ее проектировании. Например, при искусственном освещении производственных помещений — это требуемые уровни ПТ и ка-

чества продукции при минимальном утомлении, для большинства помещений ОЗ — уровень видимости или различимости с заданной достоверностью решения зрительной задачи, для установок НО городов — обеспечение высокой скорости и безопасности движения транспорта и пешеходов. В установках естественного и совмещенного освещения дополнительно выдвигается требование увеличения годового числа часов использования естественного света с целью уменьшения расхода электроэнергии на искусственное освещение.

Осветительная установка является сложной системой, которой свойственны частичные или полные восстанавливаемые отказы. Надежность ОУ обеспечивается путем регулярного восстановления — очистки загрязненных и замены вышедших из строя элементов (ОП, ИС, ПРА, ЭУ), а также установкой дополнительного числа ОП, количество которых определяется выбранным при проектировании значением коэффициента запаса $K_з$. Таким образом, надежность и эффективность ОУ зависят от своевременности ее обслуживания, т. е. от организации службы эксплуатации.

Одной из основных задач службы эксплуатации является сохранение количественных и качественных параметров ОУ, принятых в проекте, так как они определяют в конечном счете эффективность и комфортность освещения. Так, уменьшение освещенности до 50 % ее нормированного значения приводит в среднем к снижению ПТ на 3—10 % по сравнению с уровнем, достигнутым при регламентируемом значении. Одновременно может возрасти зрительное утомление и снизиться качество продукции.

В процессе эксплуатации, как известно, происходит запыление ОП, что приводит к снижению освещенности за счет уменьшения их КПД, а при зеркальных отражателях также за счет искажения КСС. Снижение освещенности в течение определенного промежутка времени зависит от условий среды, в которой эксплуатируется ОП, степени загрязненности или запыленности воздуха, а также физико-химических свойств пыли, дыма или копоти. Этот частичный отказ ОУ восстанавливается регулярной чисткой ОП, однако не полностью, так как для оптической системы светильников (особенно зеркальных), как правило, имеет место необратимое снижение КПД (см. § 5.3). В зависимости от материалов оптической части и конструкции ОП обладают различными эксплуатационными характеристиками (см. § 5.3), от которых зависит выбор $K_з$ [44]. Полный невосстанавливаемый отказ наступает при таком значении необратимого снижения КПД светильника, когда при полностью новых ИС освещенность от ОУ не достигает своего нормированного значения.

Из комплектующих изделий ОП (ИС, ПРА, ЭУ) наиболее часто выходят из строя ИС. Кроме того, в процессе эксплуатации снижается световой поток ИС, что также приводит к уменьшению эффективности использования электроэнергии. Однако при своевременной и регулярной замене ИС (как и ПРА, и ЭУ) частичный отказ ОУ может быть всегда восстановлен достаточно быстро. Частичный, но восстанавливаемый отказ ОУ может иметь место при загрязнении ограждающих поверхностей интерьера (внутреннее освещение). Излишний расход электроэнергии часто связан с загрязнением светопроемов, поэтому требование к их регулярной очистке является одной из задач службы эксплуатации. Полный или частичный внезапный отказ ОУ (восстанавливаемый) может произойти при аварийном нарушении электроснабжения. В зависимости от места аварии и длительности восстановления нормальной работы ОУ прекращается частично или полностью выпуск производственной продукции. Резервирование питающих сетей электрического освещения предусматривается при проектировании (см. § 10.3) в зависимости от значимости предприятия и технологии производства. Бесперебойность снабжения электроэнергией достигается регулярным осмотром и ремонтом осветительных сетей и их оборудования.

Помимо перечисленных основных задач, связаных непосредственно с обслуживанием ОУ, на службу эксплуатации возложены следующие обязанности:

1) прием в эксплуатацию вновь смонтированных или реконструированных ОУ;

2) обеспечение мер по рациональному использованию и экономии электроэнергии, расходуемой на освещение;

3) обеспечение ОУ запасом ОП и комплектующих изделий к ним, который определяется принятым способом обслуживания освещения (чистка и ремонт ОП на месте их установки или в специально оборудованных мастерских и т. п.);

4) регулярный контроль состояния ОУ;

5) установление соответствия ОУ требованиям технологии при реконструкции производственных помещений или изменении назначения участков территорий или класса улиц в установках НО;

6) обеспечение дезактивации ртути вышедших из строя ГЛ;

7) оценка эксплуатационных качеств светотехнических изделий с целью внесения предложений по их усовершенствованию изготовителями.

Из перечня задач, стоящих перед службой эксплуатации ОУ различного назначения, вытекает необходимость рациональной организации этого участка работы.

Основные принципы рационального и экономичного использования электроэнергии на освещение, как правило, предусматриваются при проектировании ОУ [см. § 10.5]. Однако в действующих ОУ очень часто имеются неиспользованные возможности сокращения расхода электроэнергии. Резервом экономии электроэнергии и повышения эффективности ее использования в действующих ОУ является следующее:

1) реконструкция физически и морально устаревших ОУ;

2) совершенствование управления ОУ, направленное на их своевременное включение и выключение с учетом времени работы технологического оборудования (обеденный перерыв, начало и конец смены), а также отключение части установок при достаточном естественном освещении, использование автоматического управления ОУ (см. § 10.3);

3) принятие мер по снижению перенапряжений в осветительных сетях: при перенапряжении на 5 % сверх номинального мощность, потребляемая ЛН, возрастает на 8 %, а ЛЛ — на 10 %, срок службы ЛН уменьшается на 50 %;

4) использование амальгамных ЛЛ вместо обычных при работе их в условиях повышенной температуры, использование экономичных ЛЛ (см. § 10.2), ЛН на повышенное напряжение (225—245 В).

В ОУ внутреннего освещения указанные мероприятия могут в среднем обеспечить экономию электроэнергии на 5—20 %. В установках НО экономия электроэнергии на 10—20 % может быть получена за счет применения высокоэффективных ИС и использования рациональных по светораспределению ОП.

11.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

11.2.1. СТРУКТУРА СЛУЖБ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Внутреннее освещение. Основные требования к эксплуатации внутреннего и наружного электрического освещения сформулированы в [54]. В разделе «Общие требования» дано указание, которое должно выпол-

няться в любой ОУ: устройства электрического освещения всех видов должны удовлетворять требованиям норм искусственного освещения СНиП и соответствующих разделов действующих ПУЭ.

Правилами [54] установлено, что на каждом предприятии, в организации, учреждении приказом или распоряжением администрации из числа специально подготовленного электротехнического персонала должно быть назначено лицо, отвечающее за общее состояние эксплуатации всего электрохозяйства предприятия. Администрация мелких предприятий и организаций (школы, больницы, магазины, мастерские, столовые и др.) обязана обеспечивать обслуживание электроустановок путем передачи их в эксплуатацию по договору специализированной эксплуатационной организации или содержать соответствующий по квалификации обслуживающий персонал на долевых началах с другими мелкими предприятиями (организациями).

Структура служб эксплуатации электроустановок, в том числе внутреннего электрического освещения, в разных предприятиях и организациях отличается большим разнообразием. Утвержденные типовые штатные расписания служб эксплуатации и нормы численности обслуживающего электротехнического персонала отсутствуют. Имеется лишь инструкция [10.20], по которой на предприятиях должны быть ИТР, отвечающие за состояние искусственного освещения: при общей мощности ОУ 250—750 кВт — один техник-светотехник, при 750—2000 кВт — один инженер-светотехник, при мощности 2000—3500 кВт — один инженер-светотехник и один техник-светотехник и при мощности свыше 3500 кВт штат ИТР должен увеличиваться на одного инженера или техника на каждые 1500 кВт установленной мощности сверх 3500 кВт.

На больших и средних промышленных и других объектах эксплуатация внутреннего и наружного освещения, как правило, находится в ведении службы главного энергетика, имеющей штат работников по отдельным видам электроустановок, в том числе осветительным.

Обслуживание освещения крупных промышленных комплексов или ОЗ требует четкой организации служб эксплуатации. Однако типовых схем их организации нет. В качестве примера для средних и крупных ОУ можно предложить вариант структуры службы эксплуатации, представленный на рис. 11.1 и разработанный на основе [11.1]. Возглавляет службу главный светотехник, который может быть подчинен главному энергетику или непосредственно администрации предприятия. Отдел эксплуатации, возглавляемый инженером или техником-светотехником, ведает всеми вопросами обслуживания ОУ предприятия. Он составляет графики планово-предупредительного ремонта и контрольных осмотров светотехнического и электротехнического оборудования, связанного с осветительными сетями, устанавливает режимы и способы очистки ОП и замены перегоревших ИС, разрабатывает инструкции и руководства по монтажу и обслуживанию ОУ. Этому отделу подчиняются участки эксплуатации внутреннего и наружного освещения, число которых определяется мощностью установки и размещением цехов или корпусов на территории предприятия (при этом не исключается обслуживание ОУ цеховыми электриками), электромонтажный участок, который занимается монтажом реконструируемых или вновь строящихся небольших ОУ, мастерские для ремонта и мойки светильников, участок дезактивации ртути.

В ведении организационно-технической группы светотехнического отдела находятся такие вопросы, как анализ устройства и состояния ОУ, с целью определения их соответствия технологии производства, изыскание способов экономии электроэнергии путем использования более эффективных ИС и ОП, совершенствование управления освещением, разработка мероприятий по борьбе с перенапряжениями в питающей сети, а также принятие в эксплуатацию вновь вводимых ОУ. Группа проектирования выполняет небольшие проекты ОУ и осуществляет паспортизацию действующих ОУ (совместно с лабораторией). Лаборатория может подчиняться главному светотехнику или входить в состав центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ). На крупных предприятиях она может состоять из двух групп, занимающихся контролем ОУ на соответствие требованиям норм и правил [44, 54] и входным контролем светотехнических изделий и ИС, участием в приемке ОУ в эксплуатацию, проведением исследований эксплуатационных свойств светотехнического оборудования, используемого в конкретных условиях среды, измерением напряжения в осветительных сетях и др.

В зависимости от мощности ОУ и других специфических условий предложенная структура организации службы эксплуатации средних и крупных промышленных предприятий и общественных зданий может видоизменяться, однако решение перечисленных задач является непосредственной обязанностью службы эксплуатации любой ОУ. Эксплуатацией освещения мест общего пользования жилых домов в городах и населенных пунктах занимаются обычно жилищно-эксплуатационные конторы или другие организации, ведающие эксплуатацией зданий. В штатах этих организаций имеются электромонтеры, обслуживающие электроустановки жилых домов.

Наружное освещение городов. Структура службы эксплуатации установок НО городов, поселков и сельских населенных пунктов. В [11.2] рекомендуются формы организации предприятий, эксплуатирующих установки НО, и их подчиненность.

Специализированные предприятия НО (горсветы) создаются в областных, краевых центрах и центрах автономных республик, в которых электрические сети не находятся в ведении местных Советов, и подчиняются непосредственно энергетическим эксплуатационным уп-

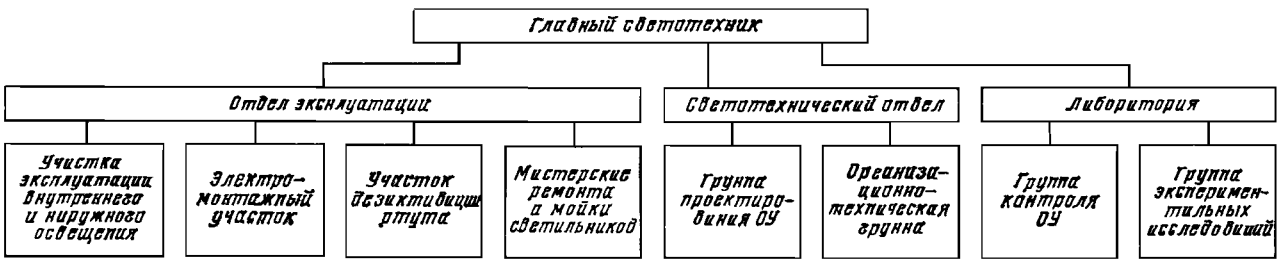


Рис. 11.1. Примерная структура службы эксплуатации для ОУ внутреннего освещения.

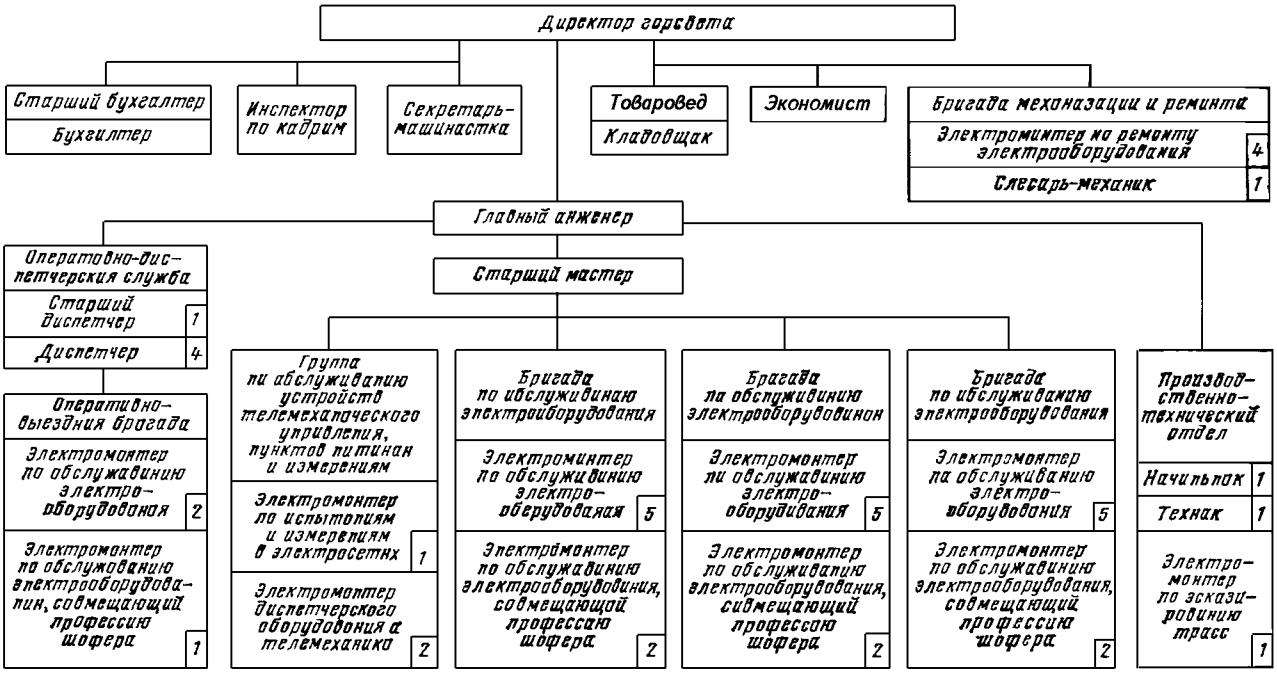


Рис. 11.2. Примерная структура службы эксплуатации для ОУ НО городов (цифрами показано количество персонала).

равлениям (объединениям) обл(край)упркомхозов министерств коммунального и жилищно-коммунального хозяйства автономных республик.

Службы НО электросетевых предприятий городов и предприятия горсвета не должны ограничивать сферу своей деятельности только пределами города, а по возможности принимать на договорных началах в эксплуатацию установки НО небольших городов и рабочих поселков, расположенных вблизи территорий, обслуживаемой этими предприятиями. На обслуживание установок НО заключают долгосрочные договоры.

Структура, количество штатных единиц участков или служб НО городских электрических сетей и предприятий горсвета определяются категорией предприятия, протяженностью электрических сетей НО, числом ОП, состоянием установок НО, оснащенностью средствами механизации и другими условиями. На рис. 11.2 показана примерная структура горсвета для города с населением 250 тыс. жителей.

Структурой предусматривается 50 чел. обслуживающего персонала, в том числе 21 электромонтер и 6 электромонтеров, совмещающих профессию шоферов.

Оперативное обслуживание электрических сетей и установок НО выполняет оперативный и оперативно-ремонтный персонал. Диспетчерская служба осуществляет оперативное руководство эксплуатацией установок НО и обеспечивает соблюдение графика режима их работы. В обязанности диспетчера входит: своевременное включение, переключение и отключение установок НО в соответствии с утвержденным графиком и при проведении ремонтных работ; проверка использования устройства централизованного управления установками НО и обеспечение исправного состояния оборудования диспетчерского пункта; руководство действиями оперативного персонала по ликвидации неисправностей в сетях НО. Ремонт и обслуживание устройств управления НО выполняют специальные бригады, организационно-технические отделы контролируют освещенности, составляют графики включения и отключения установок НО, планового обслуживания и ухода за устройствами НО, текущих и капитальных ремонтов.

11.2.2. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ МАСТЕРСКИЕ И ЛАБОРАТОРИИ

На крупных промышленных предприятиях и в общественных зданиях для ремонта и чистки светильников, проверки и испытаний ИС, ОП, ПРА целесообразно создавать светотехнические мастерские и лаборатории. На средних и мелких предприятиях светотехнические мастерские могут размещаться при электроремонтных цехах, светотехнические лаборатории — при ЦЗЛ.

При числе установленных ОП от 4 до 8 тыс. штук рекомендуется иметь малую светотехническую мастерскую площадью 150—200 м^2, от 8 до 24 тыс. — большую площадью 350—400 м^2, а при более 15 тыс. шт.— дополнительно светотехническую лабораторию площадью 40—50 м^2.

В составе светотехнической мастерской рекомендуется предусматривать следующие помещения: моечное, ремонтное и кладовую.

В моечной размещают стеллажи для хранения загрязненных и очищенных ОП или их съемных деталей, столы для разборки и сборки ОП, моечные ванны, механические щетки, баки для моющих растворов, передвижные стеллажи. В моечную предусматривается ввод холодной и горячей воды, сжатого воздуха и канализации. При количестве установленных ОП более 4 тыс. штук целесообразно использовать установки для механической мойки ОП. Пример такой установки [11.2] приведен на рис. 11.3, П1, *е*.

Технические данные установки:

Производительность, шт/ч	100—120
Скорость конвейера, м/мин	1,07
Количество подвесок, шт.	11
Допустимая загрузка одной подвески, кг	35

Продолжение

Объем ванны с моющим раствором, м³	6,4
Объем ванны с проточной водой, м³	6,2
Расход сжатого воздуха, м³/ч	12
Максимальное количество испаряемой воды в камере сушки, л/ч	144
Габаритные размеры установки, м:	
высота	3,6
ширина	3,0
длина	7,68

В ремонтном помещении размещается оборудование для выполнения мелкого и среднего ремонта ОП, проверки исправности новых и отремонтированных ОП, проверки ИС и ПРА: верстаки, станки (настольный токарный, сверлильный, точильно-шлифовальный, ручной трубогиб), сварочный аппарат, стенды для испытания ОП и ИС.

Кладовая оборудуется стеллажами для хранения эксплуатационного запаса ИС и ОП, а также вышедших из строя ИС и неочищенных ОП.

Примерная планировка и размещение оборудования в помещениях светотехнической мастерской, предназначенной для обслуживания 8 тыс. ОП, приведены на рис. 11.4. Высота всех помещений должна быть не менее 3,3 м.

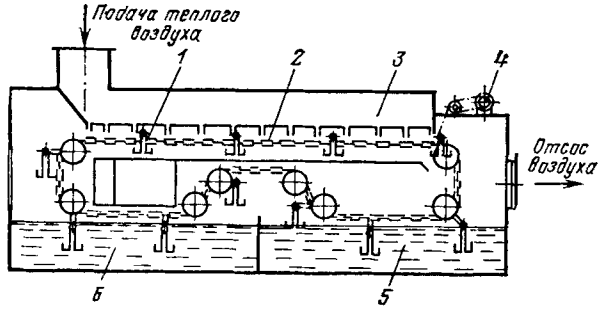


Рис 11.3. Установка для механической мойки светильников (продольный разрез).

1 — подвески для ОП; *2* — конвейер; *3* — сушильная камера; *4* — электродвигатель редуктора; *5* — промывочная ванна; *6* — ванна с моющим раствором.

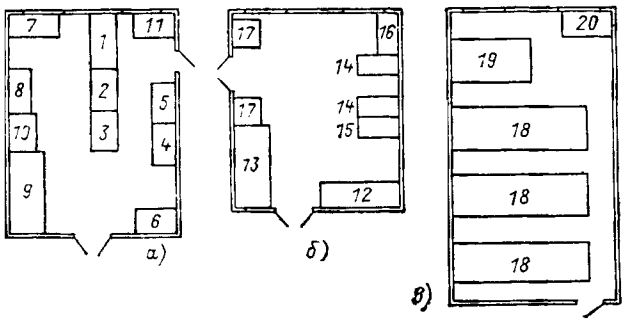


Рис. 11.4. Планировка и размещение оборудования в помещениях светотехнической мастерской, предназначенной для обслуживания 8 тыс. шт. ОП.

а — ремонтное помещение; *б* — моечное помещение; *в* — кладовая; *1* — верстак двухместный; *2* — настольный токарный станок; *3* — трубогиб ручной; *4* — точильно-шлифовальный станок; *5* — сверлильный станок; *6* — сварочный аппарат; *7* — стол для проверки светильников; *8* — стол для разных работ; *9* — стеллаж; *10* — шкаф для инвентаря; *11* — стол заведующего; *12* — стеллаж первичного хранения; *13* — стеллаж для чистых светильников; *14* — моечная ванна; *15* — разборочный стол; *16* — шкаф для инвентаря и реактивов; *17* — передвижной стеллаж; *18* — стеллаж 5×1,5×3 (высота), м; *19* — стеллаж 3×1,5×3 (высота), м; *20* — стол кладовщика.

Помещения и оборудование светотехнической лаборатории рассчитываются на выполнение следующих работ: измерение фактической освещенности в помещениях и на открытых пространствах, а также определение расчетным путем или измерение качественных показателей ОУ; проверка в случае необходимости исправности части ИС, поступающих через органы снабжения, контроль в процессе эксплуатации спада светового потока ИС на месте их установки или в лаборатории с целью выявления необходимости их замены; изучение режимов питающего напряжения в осветительных сетях.

Лаборатория должна состоять из двух помещений, одно из которых — без естественного света, размером не менее 5×4 м и высотой не менее 4,2 м, со стенками, окрашенными черной матовой краской.

Основное оборудование лаборатории должно состоять из различных приборов, стендов и др.

В ней должны иметься люксметры типов Ю-116 (Ю-16) и Ю-117 (Ю-17), снабженные корригирующими светофильтрами. Проверка люксметров должна проводиться ежегодно органами Госстандарта. Для определения степени старения ЛЛ и ДРЛ, т. е. снижения их светового потока в процессе эксплуатации, можно использовать специальные приставки, схемы которых представлены на рис. 11.5 и 11.6. Приставки представляют собой параллелепипеды, окрашенные внутри черной матовой краской; в их верхней части имеются отверстия *1*, форма и размеры которых должны точно соответствовать диаметрам ИС. Внизу сбоку находится отверстие *2* для установки фотоэлемента люксметра. Принцип действия приставок основан на пропорциональности светового потока ЛЛ и ДРЛ показаниям гальванометра люксметра. Перед измерениями следует провести в светотехнической лаборатории градуировку люксметра на световой поток.

Для установления причин выхода из строя ОП со стартерной схемой зажигания при незажигающихся ЛЛ можно использовать испытательную трубку. Корпус трубки (рис. 11.7) изготовляется из прозрачного изолирующего материала, размеры трубки и штифтов должны соответствовать [48]. Для удобства работы трубка делается разъемной. Для ЛЛ мощностью 40 Вт и 65—80 Вт нужно иметь трубки разной длины. При испытаниях трубка вставляется в проверяемый ОП вместо незажигающейся лампы. При исправности схемы ОП обе ЛН, имеющиеся в трубке, загораются в полнакала, при обрыве в схеме лампы не горят, при коротком замыкании в цепи дросселя горят полным накалом. Для проверки ЛЛ при бесстартерном зажигании испытательную трубку следует изготовить по схеме, приведенной на рис. 11.8. После установки испытательной трубки по контрольным лампам *2* определяется исправность накальных обмоток или цепи питания накального трансформатора. По вольтметру *4* находят значение зажигающего напряжения. Для проверки напряжения накала подключаются контрольные лампы *3*, при этом накал контрольных ламп *2* должен резко уменьшиться. Если схема в исправности, то обе контрольные лампы *3* зажигаются в полнакала, при обрыве проводов в схеме питания или в обмотке дросселя лампы не зажигаются, а при коротком замыкании в дросселе зажигаются полным накалом.

Для проверки люминесцентных светильников можно использовать стенд [39], схема которого показана на рис. 11.9. Для получения необходимого напряжения (в пределах от 0 до 250 В) используется вариатор типа ТНН-45. Значение напряжения контролируется вольтметром *В1*. Переключатель *П* позволяет использовать стенд для проверки ламп, стартеров и приборов

включения. При проверке ЛЛ ее включают в сеть, устанавливают номинальное напряжение при помощи вариатора и вольтметра и нажимают кнопку *КЗ*. При этом у исправной ЛЛ должны накаливаться катоды, а при отпускании кнопки ЛЛ должна зажечься. По амперметру *А1* проверяют ток, потребляемый ЛЛ, а по вольтметру *В2* — напряжение на лампе. Если ЛЛ не включилась и при нажатии кнопки *КЗ* нет свечения катодов, проверяют их сохранность поочередным нажатием кнопок K_2 и K_3. При исправных катодах нажатие этих кнопок будет сопровождаться зажиганием соответственно контрольной лампы *КЛ1* или *КЛ2*. Если катод оборван, контрольная лампа гореть не будет. В случае, когда при работоспособных катодах ЛЛ не зажигается прибегают к форсированному зажиганию при помощи конденсатора *С*. Сначала нажимают кнопку *КЗ*, а затем, прогрев несколько секунд катоды, не отпуская этой кнопки, нажимают кнопку *КФЗ*. При этом ЛЛ зажигается почти во всех случаях. Отпускать кнопки необходимо в той же последовательности — сначала *КЗ*, потом *КФЗ*. Если ЛЛ при отпускании кнопок погаснет, то это свидетельствует о ее неисправности, если горит, необходимо повторить ее включение обычным способом, без конденсатора, и устаиовить степень пригодности ЛЛ. Перед окончательным заключением об исправности внешне нормально горящей ЛЛ надо проверить с помощью амперметра постоянного тока *А2* отсутствие у нее выпрямляющего эффекта. Если при нажатии кнопки K_1 показание амперметра *А2* достигает 25—30 % показания амперметра *А1*, лампу нельзя оставлять для эксплуатации, особенно в одно- и двухламповых светильниках. Контрольные щупы *Щ* совместно с лампой *КЛ3* используются для проверки стартера *Ст*. Зажимы *ПП*, кнопка K_4 и контрольная лампа *КЛ4* предназначены для проверки дросселя. Стенд включается в сеть при помощи пакетного выключателя *ПК* и защищен предохранителями.

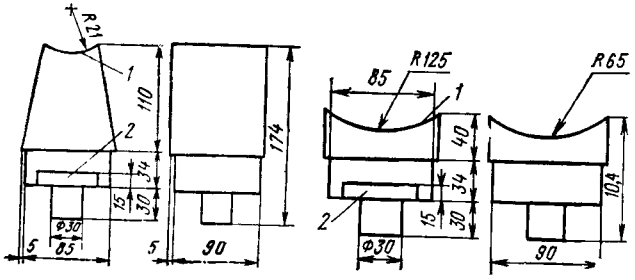


Рис. 11.5. Приставка для измерения светового потока ЛЛ.
1 — отверстие в приставке для установки ее на лампу; *2* — отверстие для фотоэлемента.

Рис. 11.6. Приставка для измерения светового потока ламп типа ДРЛ.
Поз. *1, 2* см. рис. 11.5.

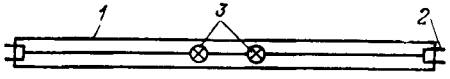


Рис. 11.7. Схема испытательной трубки для ЛЛ, включаемых по стартерной схеме зажигания.
1 — трубка; *2* — штырьки; *3* — лампы накаливания типа ЦІ27-25.

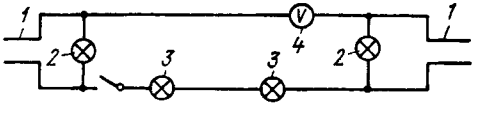


Рис. 11.8. Схема испытательной трубки для ламп, включаемых по бесстартерной схеме зажигания.
1 — штырьки; *2* — контрольные лампы типа А12-6; *3* — контрольные лампы типа НГ127-75 или НГ127-100; *4* — вольтметр 0—250 В.

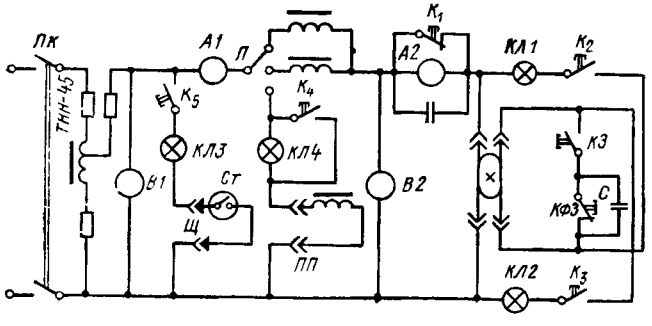


Рис. 11.9. Принципиальная схема стенда для проверки люминесцентных светильников.

Стенд включается в сеть при помощи пакетного выключателя *ПК* и защищен предохранителями.

Более подробные сведения и рекомендации по устройству светотехнических мастерских и лабораторий приведены в выполненной Ленинградским отделением ВНИПИ Тяжпромэлектропроект работе «Мастерские для ремонта и чистки светильников и установки для дезактивации ртути отработанных газоразрядных ламп».

Проектирование светотехнических мастерских и лабораторий должно осуществляться специализированными технологическими организациями по заданиям проектировщиков-светотехников (см. § 10.4).

11.2.3. УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Газоразрядные ИС, как правило, содержат различное количество ртути. Так, в каждую ЛЛ вводится от 60 до 120 мг ртути, в лампу типа ДРЛ — значительно больше. Практикуемый при эксплуатации ОУ вывоз отработанных ГЛ на свалки или их захоронение в специально отведенных местах создает опасность вредного для здоровья людей ртутного заражения воздуха, почвы и водных источников. Известно, что при полном испарении 100 г ртути, высвобождающейся при разбивании примерно 1 тыс. ЛЛ, происходит ртутное заражение воздуха в объеме 10 млн. м³ до предельно допустимой нормы (0,01 мг/м³).

Существуют способы обезвреживания отработанных ГЛ, заключающиеся в их утилизации на специальных технологических установках. Разными организациями разработаны проекты таких установок, на некоторых электроламповых заводах используются установки по утилизации заводского брака ламп.

11.2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЧИСЛЕННОСТИ ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА

На основании [11.4] численность обслуживающего персонала рекомендуется определять при разработке проектов освещения ОУ и сообщать выявленные штаты организации — генеральному проектировщику с целью учета в общей численности обслуживающего персонала для проектируемого предприятия.

Таблица 11.1. **Данные для определения численности обслуживающего персонала**

Способ доступа к светильникам	Способ удаления пыли	Источник света	Исполнение светильника	Число электромонтеров 2-го разряда на 1000 шт. светильников при очистке, осуществляемой 2 раза в месяц	1 раз в месяц	1 раз в три месяца
С лестниц, стремянок или передвижных несамоходных напольных приспособлений	Сухая или влажная протирка	ЛН и ГЛВД	Открытое	1,40	0,70	0,24
			Со стеклом	5,60	2,80	0,90
		ЛЛ	Открытое	3,40	1,7	0,56
			Со стеклом или решеткой	4,50	2,20	0,75
	Промывка с применением растворителей	ЛН и ГЛВД	Открытое	2,80	1,40	0,47
			Со стеклом	5,60	2,80	0,90
		ЛЛ	Любое	6,80	3,40	1,10
С кранов, люлек или светотехнических мостиков, площадок, самоходных напольных средств доступа или технических этажей	Сухая или влажная протирка	ЛН и ГЛВД	Открытое	0,84	0,42	0,14
			Со стеклом	2,80	1,40	0,47
		ЛЛ	Открытое	2,00	1,00	0,33
			Со стеклом или решеткой	4,00	2,00	0,66
	Промывка с применением растворителей	ЛН и ГЛВД	Открытое	2,30	1,20	0,38
			Со стеклом	4,00	2,00	0,66
		ЛЛ	Любое	5,00	2,50	0,85

Примечание. Данные, приведенные в таблице, могут корректироваться на основе практического опыта применительно к отдельным отраслям промышленности.

Для определения численности обслуживающего персонала для ОУ внутреннего освещения следует разделить на группы (табл. 11.1) суммарное количество имеющихся на предприятии светильников общего освещения, выявить установленную мощность светильников общего освещения (суммарную и раздельно для ЛН и ГЛ). При подсчете установленной мощности следует учитывать потери в ПРА для ГЛ. Светильники с одной—тремя ЛЛ учитываются по их фактическому количеству, с четырьмя ЛЛ и более в каждом — пересчетом путем деления суммарного числа ЛЛ в них на три. Электрические соединители и включаемые в них ОП местного переносного освещения, а также все стационарные ОП местного освещения не учитываются.

Необходимое количество инженерно-технических работников определяется по данным, приведенным в п. 11.2.1, а количество электромонтеров — следующим образом: 2-го разряда — путем умножения требуемого для обслуживания 1000 шт. светильников количества электромонтеров, определяемого по табл. 11.1, на выявленное суммарное количество светильников общего освещения каждой группы, деленное на тысячу (с округлением до 0,1); 3-го разряда — путем деления мощности ЛН (в кВт) на 500 (с округлением до 0,1) и ГЛ на 250 (с тем же округлением), сумма по обоим типам ламп округляется до ближайшего целого числа 5-го разряда — путем деления количества электромонтеров 2-го и 3-го разрядов на 5 (с округлением до ближайшего целого числа).

Численность обслуживающего персонала для установок НО см. п. 11.2.1.

11.3. СРЕДСТВА ДОСТУПА К СВЕТИЛЬНИКАМ И СВЕТОПРОЕМАМ

11.3.1. СРЕДСТВА ДОСТУПА К СВЕТИЛЬНИКАМ В УСТАНОВКАХ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ

В [54] в качестве средств доступа к ОП внутреннего освещения предлагается использовать специальные приставные лестницы, стремянки, мостовые краны, стационарные мостики, специальные передвижные устройства. Эти и другие возможные устройства должны удовлетворять общим требованиям обеспечения удобства и безопасности при использовании их для подъема человека на нужную высоту и при выполнении с них работ по обслуживанию ОП общего освещения.

Все средства доступа можно классифицировать по месту их расположения и способам передвижения (табл. 11.2). Остальные технические параметры, например масса, высота подъема, вылет стрелы и т. д., слу-

Таблица 11.2. Классификация средств доступа к светильникам общего освещения

Класс	Подкласс	Способ передвижения
Напольные	Переносные	Вручную
	Подвижные	Вручную
	Подвижные	Прицепные
	Подвижные	Самоходные
Расположенные в зоне размещения светильников	Стационарно установленные	Неподвижные
	Подвижные	Прицепные
	Подвижные	Вручную
	Подвижные	Механические

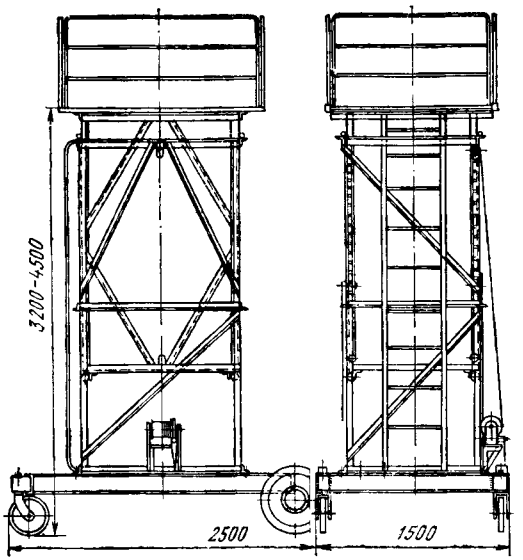


Рис. 11.10. Телескопический подъемник с ручным приводом.

жат для выбора средств доступа в зависимости от условий эксплуатации и технико-экономических показателей [11.5].

Напольные средства доступа к светильникам. Приставные лестницы и стремянки. Приставные лестницы и стремянки предусмотрены для доступа к ОП, высота установки которых от пола (земли) не превышает 5 м. Лестницы и стремянки делают из дерева, которое должно быть выдержанным, вполне сухим и без сучков. Для лестниц и стремянок длиннее 3 м следует применять бук, дуб, ясень, высшие сорта осины. Ступени лестниц и стремянок должны быть врезаны шипами в тетивы, которые через 2 м следует скреплять стяжными болтами (шпильками). Нижние концы лестниц должны иметь опоры в виде острых металлических шипов или резиновых наконечников в зависимости от материала опорной поверхности (дерево, земля или бетон, асфальт, плитки). На высоте 1,2—1,5 м с обеих сторон стремянок должны быть установлены крючки с ушками, расположенными в шахматном порядке, для предохранения створок от сдвигания и раздвигания. Лестницы и стремянки должны быть гладкими и окрашены масляной краской. Длина лестниц и стремянок определяется исходя из следующих условий: лестницы должны устанавливаться под углом около 60° к горизонту, стремянки должны устанавливаться с уклоном не круче 1 : 3 (отношение разбега к высоте), работы должны проводиться человеком, стоящим на третьей сверху ступени лестницы или стремянки. Перед приемкой в эксплуатацию и 1 раз в год в течение эксплуатации лестницы необходимо испытывать статической нагрузкой, равной 2 кН, в течение 2 мин, приложенной к одной из ступеней в середине пролета лестницы, установленной под углом 75° к горизонту.

Передвижные телескопические подъемники. Технические параметры передвижных телескопических подъемников для обслуживания светильников с пола представлены в табл. 11.3.

Спускные устройства. Для спуска одного или группы ОП до уровня, обеспечивающего их обслуживание с пола, применяются спускные устройства. При высоте установки ОП до 5 м спускные устройства по сравнению с лестницами и стремянками более удобны и безопасны, они значительно ускоряют работы по обслуживанию ОУ. При выборе спускных устройств необходимо иметь в виду, что установленное на полу, стенах, площадках технологическое оборудование не должно мешать спуску ОП. Спускные устройства применяются в высоких помещениях общественных зданий, освещаемых многоламповыми люстрами (зрительные залы театров, фойе, выставочные залы и др.). Лебедки для опускания люстр до уровня обслуживания с пола устанавливаются на техническом этаже.

Передвижные и стационарные средства доступа к светильникам в зоне их расположения. Грузоподъемные краны. Подвесные краны, если они не непрерывно заняты в производстве, могут быть использованы для буксировки прицепных мостиков, служащих для обслуживания ОП. Прицепной мостик, приведенный на рис. 11.11, представляет собой площадку с прочным сплошным настилом, имеющую по периметру ограждение высотой 1 м. Площадка шарнирно подвешена к двум ходовым тележкам, передвигающимся по крановым путям. Входы на мостик предусмотрены с торцов через запирающиеся дверцы. Настил мостика находится на расстоянии 1,8 м от ближайшего стропильного препятствия. Для подъема на нужную высоту при обслуживании на мостике имеется ограждающая переносная лестница, допускающая подъем на 0,75 м от настила. Для работы мостик прицепляется к крану. Управление передвижением осуществляется с помощью кнопочной станции, находящейся во время работы на мостике. Разработаны рабочие чертежи прицепных мостиков к кранам грузоподъемностью 1—5 т длиной 5; 6; 6,5; 8; 12; 15 и 16,2 м. Для обслуживания ОП с мостовых кранов следует использовать площадки на тележках кранов по типу применяемых для этой цели на Волжском автомобильном заводе.

Монорельсовая тележка. Монорельсовые тележки (рис. П3, *б*) могут быть использованы для обслуживания светильников в бескрановых пролетах цехов производственных зданий. Кабина тележки размером 1200×800×2080 (высота) мм перемещается с помощью двух кареток, одна из которых ведущая, по монорельсовому пути, проходящему вдоль и на уровне рядов ОП на расстоянии от них 300—400 мм.

Передвижение осуществляется вручную находящимся в кабине человеком. Вход в кабину возможен с площадок, сооружаемых в цехе.

Технические параметры тележки:

Грузоподъемность, кг	150
Скорость передвижения, м/мин	30
Усилие на рукоятке передвижения, Н	100
Минимальный радиус закругления пути, м	3
Монорельсовый путь	Двутавр № 14 или 16
Масса, кг	150

Таблица 11.3. Технические параметры телескопических подъемников

Параметр	Тип		
	Передвижной телескопический	Самоходный телескопический	Самоходный шарнирно-телескопический ШТГ-1
№ рисунка	11.10	—	П1. *д*
Способ передвижения	Вручную	Электропогрузчик типа ЭП-202 грузоподъемностью 2 т	Электротележка грузоподъемностью 5 т
Привод механизма подъема	Ручной	Гидромеханический	Гидравлический
Высота обслуживания, м	4,5—6	4—8,7	До 7,2
Максимальный вылет стрелы от оси телескопа м	—	2,0	9,1
Размеры в транспортном положении, м:			
длина	—	3,30	4,30
ширина	—	1,12	1,65
высота	—	4,20	2,50
Грузоподъемность, кг	—	200	250
Масса, т	—	4,10	7,33
Примечания	Рабочая площадка рассчитана на двух человек	Овальная площадка 3,0×0,9 м проворачивается в горизонтальной плоскости относительно телескопа на 360°	На шарнирно-телескопической стрелке, поворачивающейся в горизонтальной плоскости на 360°, установлены две рабочие площадки

Подъемники управляются водителями снизу.

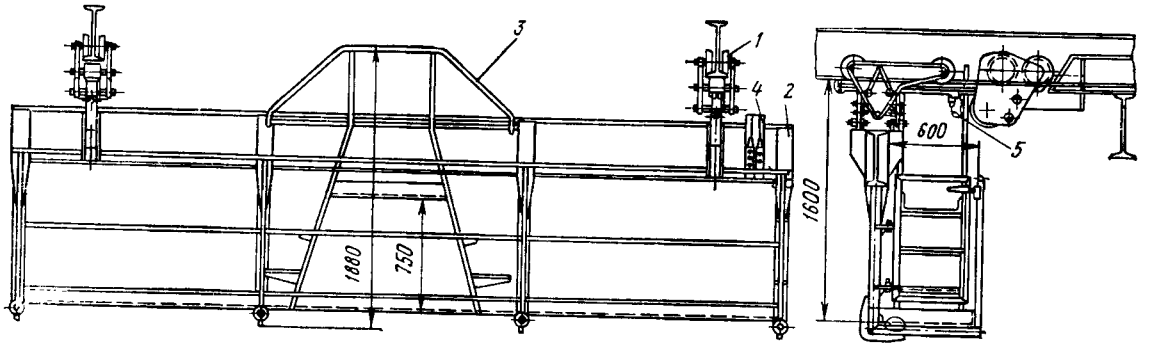


Рис. 11.11. Прицепной мостик к подвесному крану грузоподъемностью 1—5 т.
1 — тележка; *2* — мостик; *3* — переносная площадка; *4* — кнопочная станция; *5* — сцепка.

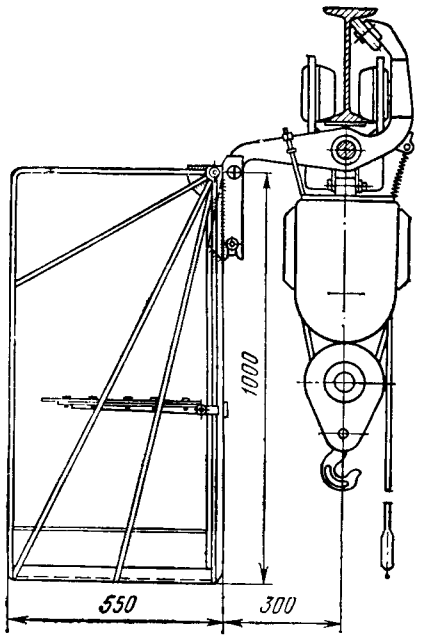


Рис. 11.12. Съемная люлька к подвесным кранам.

Съемная люлька к подвесным кранам. Съемная люлька (рис. 11.12) имеет размер 0,55×0,84×1,00 м, массу 36 кг и навешивается на кронштейн, постоянно шарнирно-закрепленный на несущем валу тельфера. Для крепления люльки используются два пальца. Люлька хранится на ремонтной площадке крана и с нее навешивается на кронштейн. При перемещении люльки краном или тельфером рабочий сидит на откидном сиденьи, а работает стоя в неподвижной люльке, закрепив карабин предохранительного пояса за трубу. Грузоподъемность приспособления 100 кг.

Стационарные мостики. Стационарные светотехнические мостики (рис. 11.13) являются составной частью строительных элементов здания. В типовом проекте даны конструкции мостиков и их размещение в пролетах промышленных зданий шириной от 18 до 36 м между связями решетчатых стальных и железобетонных ферм. Как средство обслуживания ОП мостики имеют следующие преимущества: они служат опорной площадкой для установки ОП, аппаратов и прокладки электрических сетей; работы на мостиках могут проводиться в любое время, удобное для обслуживающего персонала; затраты времени и количество занятых людей при обслуживании с мостиков меньше, чем при обслуживании с кранов и подъемников; мостики создают условия для индустриализации электромонтажных работ, позволяют исключить затраты на материалы и сооружение лесов при ремонте и реконструкции ОУ. Светотехнические мостики рекомендуются: в высоких цехах промышленных предприятий с технологическими грузо-

подъемными кранами, интенсивно занятыми в производственном процессе (основные цехи предприятий черной и цветной металлургии, литейные, сталеплавильные, кузнечно-термические и другие цехи машиностроительной и других отраслей промышленности); в бескрановых пролетах цехов разных отраслей промышленности, где подвеска ОП в силу тех или других причин на высоте 5 м и менее невозможна, а площадь цеха заполнена оборудованием так, что проезд напольных устройств и опускание ОП невозможны; в цехах, где мостики используются не только для обслуживания ОП, но и для силовых электроустановок, прокладки шинопроводов, кабелей, установки распределительных пунктов и др. Стационарные мостики для доступа к ОП сооружаются в технических этажах, расположенных за подвесными потолками помещений общественных и производственных зданий, если конструкция подвесных потолков исключает нагрузку на них массы человека. Работой ВНИПИ Тяжпромэлектропроект «Технические требования к подвесным потолкам для электрического освещения» рекомендуется минимальная ширина мостиков 0,8 м и высота ограждения 1 м. Мостики должны иметь сплошной настил и сплошную обшивку по низу ограждения на высоту 150 мм. На изготовление мостиков расходуется значительное количество металла, в связи с чем их применение допускается только по специальному разрешению руководства министерств, к которым относятся строящиеся или реконструируемые предприятия (см. «Технические правила по экономному расходованию стронтельных материалов».—М.: Стройиздат, 1976.—54 с.).

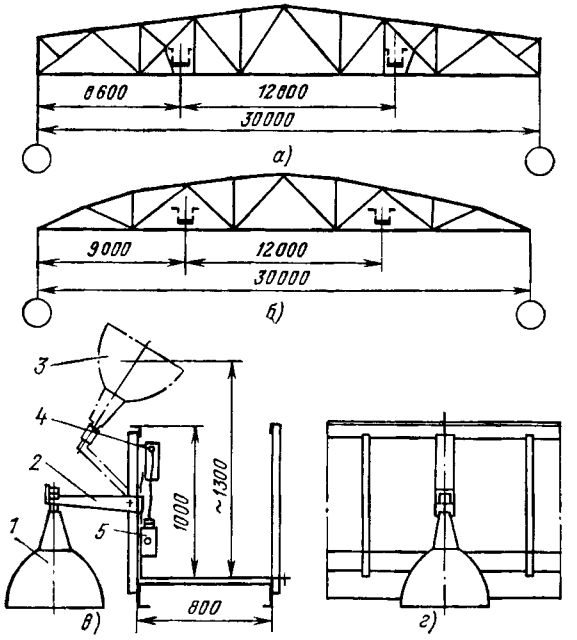


Рис. 11.13. Размещение мостиков в межфермснном пространстве (*а, б*) и установка ОП на мостиках *в, г*).

1 — светильник; *2* — кронштейн; *3* — светильник в положенни для обслуживания; *4* — ПРА; *5* — коробка с электрическим соединителем.

Площадки и стойки. Стронтельные решения ряда цехов черной металлургии, а также главных зданий и шихтовых дворов ферросплавных заводов предусматривают сквозные переходы с проходами между колоннами на уровне тормозных ферм, т. е. примерно на уровне головок подкрановых рельсов. В крановых пролетах таких цехов, где по режиму занятости краны не могут быть использованы для обслуживания ОП, другим возможным приспособленнем для этой цели могут служить специальные площадки (рис. 11.14). Площадки рекомендуется располагать с каждой стороны пролета по осям колонн на расстоянии 12 м друг от друга.

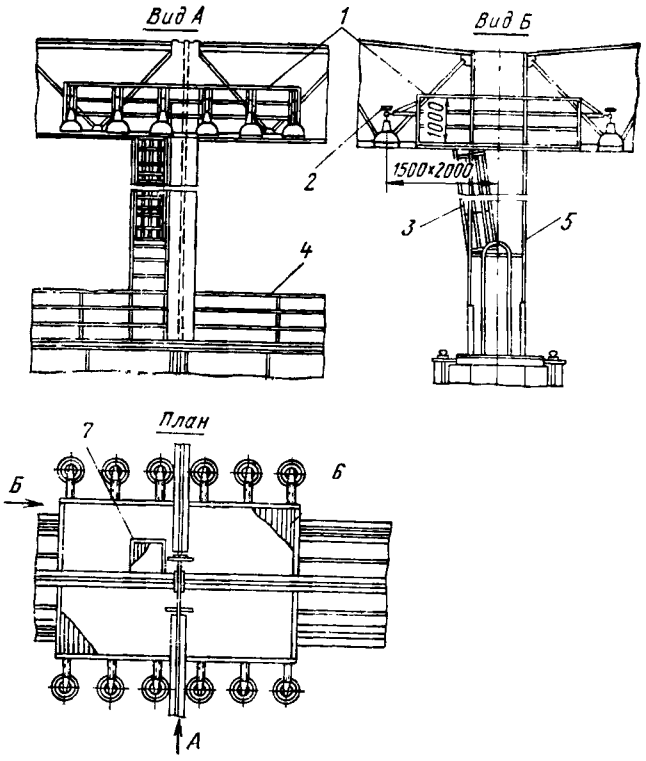


Рис. 11.14. Площадка для обслуживания светильников.

1 — ограждение; *2* — электрический соединитель; *3* — металлическая лестница; *4* — ограждение перехода на уровне тормозных ферм; *5* — колонна; *6* — площадка; *7* — люк.

Площадки должны иметь вылет 1,5—2 м от оси колонн в сторону пролетов, а их основания должны находиться выше нижнего пояса стропильных ферм. Площадка и переходы соединяются лестницами. Площадки должны иметь ограждения высотой 1 м, сплошную зашнвку по низу ограждения на высоту 150 мм и прочный настил. Ограждения площадок являются опорной поверхностью для установки ОП, аппаратов и прокладки электросетей.

В цехах заводов металлургической, химической и других отраслей промышленности возникает необходимость установки ОП для освещения технологических площадок, мостиков и переходов. Установка осуществляется на стойках, укрепляемых на ограждениях, или на кронштейнах, монтируемых на стенах и на частях оборудования, расположенных на значительной высоте от пола (земли). На рнс. 11.15 изображен рекомендуемый тип стойки, позволяющий проводить обслуживание ОП с площадок. На рнс. 11.16 показаиа площадка на ограждении открытой эстакады цеха, расположенная в месте установки ОП на высоте 9 м от земли. Площадка размером 0,6×0,3 м с ограждением высотой 1,2 м обеспечивает удобный и безопасный доступ к ОП, установленному на стойке на высоте 2,5 м от настнла площадки.

Для доступа к ОП, установленным на кронштейнах, предусматривают скобы, заделанные в стены или приваренные к поверхности оборудования у мест установки ОП. Скобы предназначены для подъема на нужную высоту человека и закрепления карабина предохранительного пояса.

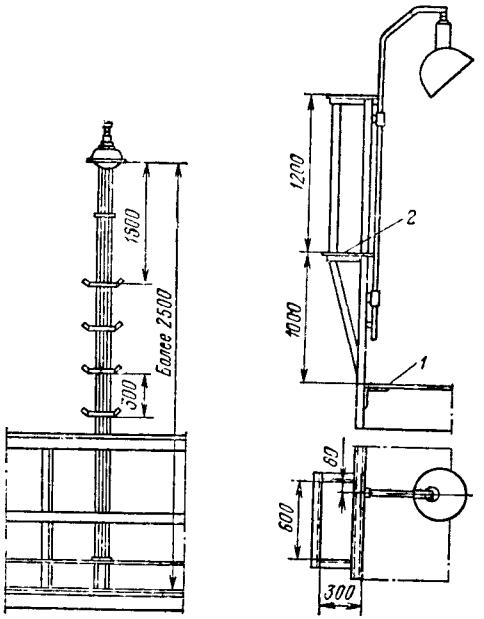


Рис. 11.15. Стойка для установки ОП на ограждении со скобами для подъема.

Рис. 11.16. Площадка для доступа к светильникам, установленным на ограждении тормозных площадок открытых эстакад.
1 — тормозная площадка; *2* — площадка обслуживания.

Выбор наивыгоднейшего средства доступа к ОП для их обслуживания может быть осуществлен по методике [11.5]. Он проводится путем сопоставления капитальных вложений на приобретение или изготовление напольных, передвижных и стационарных средств доступа, расположенных в зоне установки ОП, и эксплуатационных расходов, связанных с содержанием, использованием и амортизацией средств доступа.

11.3.2. СРЕДСТВА ДОСТУПА К СВЕТИЛЬНИКАМ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Приборы НО монтируются на специальных опорах или мачтах высотой более 4 м. Для их обслуживания в процессе эксплуатации, а также при монтаже используют специальные передвижные и выдвижные лестницы, а также автоподъемники. При монтаже ОП следует располагать так, чтобы обеспечивался удобный доступ для их обслуживания.

Промышленностью выпускаются автогидроподъемники общего назначения и специальные коленчатые, телескопические или коленчато-телескопические автовышки. Автогидроподъемники (рис. 11.17) в отличие от телескопических автовышек (рис. 11.18) обладают большой маневренностью и поэтому являются более универсальными. В табл. 11.4 приведены технические параметры автогидроподъемников, которые обеспечивают возможность обслуживания ОП, установленных на высоте от 12 до 26 м. В табл. 11.5 даны технические

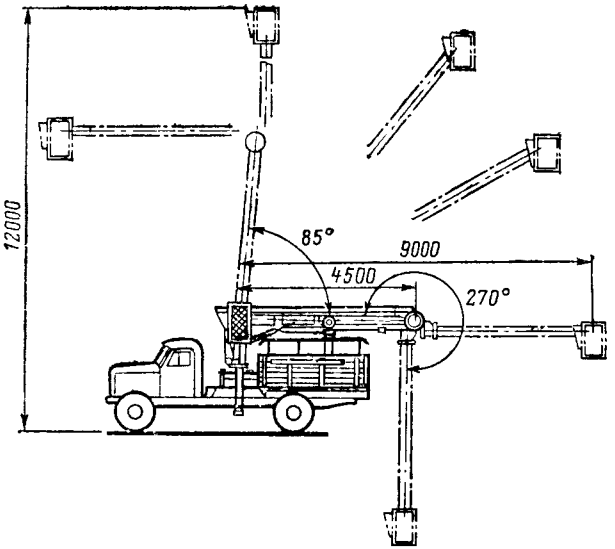
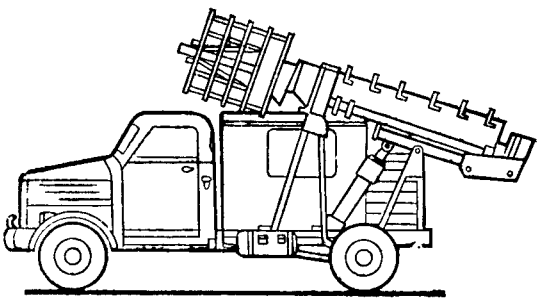
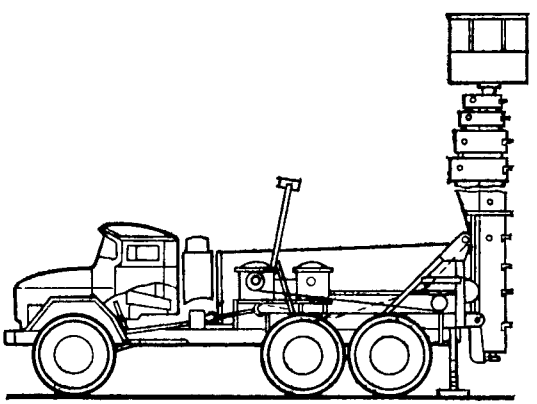


Рис. 11.17. Автогидроподъемник типа АРП-12.



а)



б)

Рис. 11.18. Телескопические вышки.
а — типа ТВГ-15М; *б* — типа ВТ-23.

Таблица 11.4. **Технические параметры автогидроподъемников**

Параметр	АГП-12	МШТС-2А	МШТС-3А	МШТС-2Т	ВС-18-МС	ВС-22-МС	ВС-26-МС
Наибольшая высота подъема рабочей площадки, м	12,0	17,8	20,2	17,8	18,0	22,0	26,0
Наибольший вылет рабочей площадки от оси поворота, м	9,00	15,2	18,5	15,2	3,0	9,5	11,0
Наибольшая грузоподъемность рабочей площадки, кг	200	400	300	400	250	250	250
Наибольшая грузоподъемность при работе в крановом режиме, кг	—	2000	1000	2000	—	—	—
Базовая машина	Автомобиль ГАЗ-53А	Автомобиль ЗИЛ-157	Автомобиль ЗИЛ-130	Трактор ТДТ-75	Автомобиль ГАЗ-52-03	Автомобиль ЗИЛ-130	Автомобиль ЗИЛ-130Г
Управление рабочими механизмами	С пульта на рабочей площадке	С нижнего пульта	С нижнего пульта	С нижнего пульта	С нижнего пульта	С нижнего пульта	С нижнего пульта
Габаритные размеры в транспортном положении, м:							
длина	8,00	10,70	12,20	10,70	9,18	11,18	13,18
ширина	2,60	2,37	2,60	2,37	2,30	2,50	2,50
высота	3,32	3,30	3,30	3,30	3,15	3,35	3,35
Масса с базовой машиной, т	6,05	11,00	9,15	15,40	5,50	8,00	8,50
Основное назначение	Для строительно-монтажных и ремонтных работ			Для строительных и высотных работ			

Таблица 11.5. **Технические параметры телескопических автовышек**

Параметр	ТВГ-15М	ТВ-2	ВТ-23
Наибольшая высота подъема рабочей площадки, м	15,0	15,3	21,7
Наибольшая грузоподъемность, кг	150	150	200
Базовый автомобиль	ГАЗ-51А	ГАЗ-52-03	ЗИЛ-157 и ЗИЛ-131
Привод	Гидравлический	Механический	Механический
Габаритные размеры в транспортном положении, м:			
длина	6,30	6,60	8,35
ширина	2,20	2,60	2,35
высота	3,48	3,50	3,72
Масса с базовой машиной, т	4,45	4,65	8,95
Основное назначение	Для обслуживания ОП и прочих работ в установках наружного освещения		Для технического обслуживания, ремонта и монтажа городских электрических сетей и ремонтно-строительных работ

параметры телескопических автовышек, позволяющих обслуживать СП, установленные на высоте 15—22 м [11.6].

11.3.3. СРЕДСТВА ДОСТУПА К СВЕТОПРОЕМАМ

Очистку внутренней поверхности остекления фонарей в зависимости от их конструкции рекомендуется проводить [11.7]: при створных переплетах — снаружи (с крыши); при глухих переплетах — с передвижных лестниц, перемещаемых вдоль фонаря по рельсам, и с рабочих площадок, ограждениых перилами; при наличии в фонарях ферм и при глухих переплетах — с помощью стационарных площадок, доступ к которым осуществляется с мостовых кранов или специально предусмотренных лестниц; в отсутствие ферм и при двусторонних фонарях и шедах — с помощью легких тележек грузоподъемностью не менее 90 кг, передвигаемых вручную по рельсам двутаврового профиля (рис. 11.19).

Для очистки наружной поверхности остекления в многоэтажных высотных или промышленных зданиях при наличии карнизов или консольных выступов, на которых возможно уложить или подвесить монорельс,

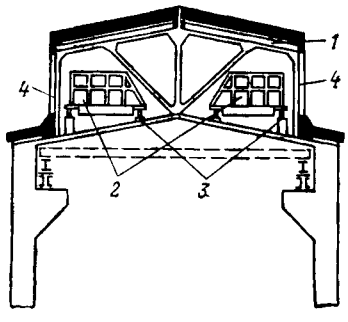


Рис. 11.19. Внутрифонарная передвижная тележка.
1 — световой фонарь; *2* — передвижная тележка; *3* — рельсовый путь; *4* — остекление.

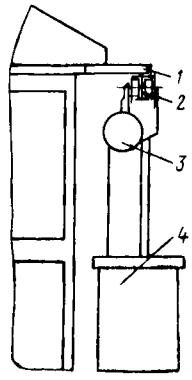
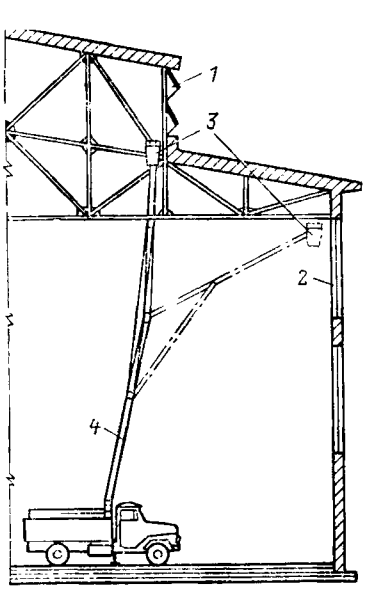


Рис. 11.20. Самоходная монорельсовая тележка.
1 — карниз здания или кронштейн; *2* — монорельс; *3* — моторная тележка; *4* — подвесная люлька с кнопочной станцией управления.

Таблица 11.6. Технические параметры подъемных механизмов

Параметр	ВТ-12,5	ВИ-15	ВТ-1М	ВТ-20	ВИ-23	ВИ-23А	АГП-12	Ш2СВ-14	Ш2СВ-18
Высота подъема, м	12,5	15,8	15,0	20,0	23,0	23,0	12,0	14,0	17,5
Грузоподъемность, кг	120	160	150	120	150	350	200	200	150
Привод подъема	Электрический	Механический		Электрический	Механический		Гидравлический	Электрический	
Способ передвижения механизмов	Ручной	Автомобиль ГАЗ-51	Автомобиль ГАЗ-51	Прицеп	Автомобиль ЗИЛ-157	Автомобиль ЗИЛ-164	Автомобиль ГАЗ-53А	Прицеп	
Габаритные размеры в транспортном положении, м	4,92×1,32×2,52	6,11×2,20×1,46	6,11×2,20×1,46	5,64×1,80×2,70	—	8,35×2,35×3,50	8,30×2,65×3,44	7,50×2,75×2,75	—

применяются подвесные самоходные монорельсовые тележки или люльки, перемещающиеся по этому монорельсу (рис. 11.20). Грузоподъемность тележки или люльки должна быть не менее 90 кг. При невозможности установить монорельс на верхней части здания применяют специальные телескопические подъемники



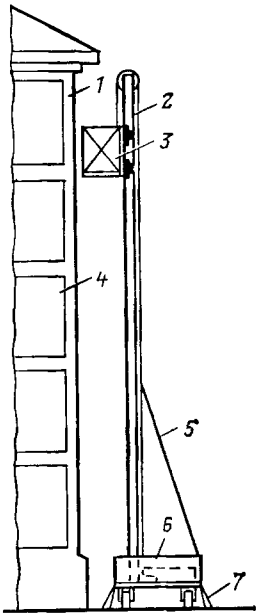


Рис. 11.21. Телескопическая автовышка с гидравлическим приводом.

1 — фонарное остекление; *2* — оконное остекление; *3* — рабочая люлька; *4* — телескопическая стойка.

Рис. 11.22. Мачтовый передвижной подъемник.

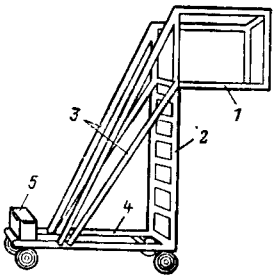
1 — стена; *2* — подъемник; *3* — подъемная площадка; *4* — окна; *5* — раскосы; *6* — кузов автомобиля; *7* — упоры.

с гидравлическим приводом, монтируемые на автомобилях (рис. 11.21). Технические параметры подъемных механизмов представлены в табл. 11.6. Для этих же работ можно использовать мачтовые подъемники грузоподъемностью 500 кг, применяемые для строительных и монтажных работ (рис. 11.22). Для передвижения подъемника вдоль здания его целесообразно установить на автомобиле или легко передвигающейся тележке.

При наличии в здании створных переплетов рекомендуется наружную и внутреннюю стороны остекления очищать изнутри помещения. При расположении технологического оборудования в помещении вдоль или вблизи окон можно пользоваться консольной площадкой, которую легко изготовить на любом предприятии (рис. 11.23). Колеса тележки должны иметь тормоза, а ее конструкция — аутригеры. Грузоподъемность консольной площадки 90 кг.

Рис. 11.23. Консольная площадка.

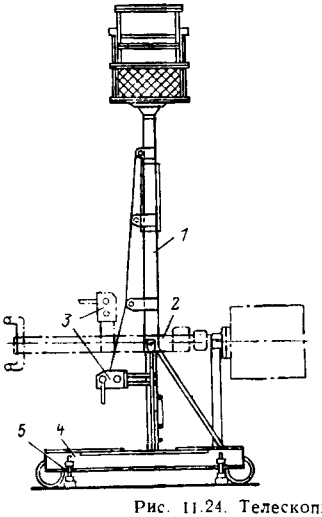
1 — рабочая площадка; *2* — лестница; *3* — раскосы; *4* — тележка; *5* — противовес.



При свободном подходе к окнам для доступа к остеклению можно использовать переносные лестницы, а также телескопические вышки с высотой подъема от 6 до 23 м. На рис. 11.24 показана такая вышка. Выдвижение труб вышки осуществляется при помощи тросов.

Технические данные:

Высота подъема рабочей площадки, м	6,8
Высота вышки в опущенном положении, м	2,75
Грузоподъемность, кг	80
Масса, кг	665
Габариты тележки, м	1,23×2,49
Габариты рабочей площадки, м	0,6×0,7



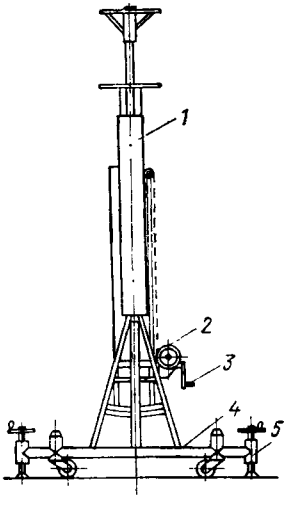


Рис. 11.24. Телескопическая вышка.

1 — в рабочем положении; *2* — в положении транспортировки; *3* — ручной привод; *4* — тележка на колесах; *5* — аутригеры.

Рис. 11.25. Телескопическая вышка с ручным и электроприводом.

1 — выдвижные колонки; *2* — электрический привод; *3* — ручной привод; *4* — тележка на колесах; *5* — аутригеры.

Аналогичная тележка, имеющая электрический привод, представлена на рис. 11.25.

Для очистки остекления целесообразно применять специальные устройства, основу которых составляет механизированный инструмент с пневмо-, гидро- или электроприводом. Разработаны различные конструкции таких устройств [11.8, 11.9]

11.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

11.4.1. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ

Критерий отказа ОУ. Для определения технико-экономически целесообразных способов и режимов обслуживания ОУ и связанного с ними коэффициента запаса



Рис. 11.26. Изменение освещенности в процессе эксплуатации ОУ.

t_1, t_2, t_3, t_5 — время чистки светильников; t_4 — время замены перегоревших ламп.

$K_з$ необходимо установить критерий отказа ОУ. Надежность ОУ определяется ее способностью сохранять в процессе эксплуатации регламентируемые нормами значения количественных и качественных показателей, обеспечивающие заданный уровень ЗР. Отказ ОУ можно определять уровнем освещенности, регламентированным нормами [44] по критерию нормирования, в качестве которого принята ПТ (см. § 8.2). Нормируемым параметром является минимальная освещенность E_{min}. По аналогии отказ ОУ также должен характеризоваться E_{min} с учетом уровня ПТ.

Для первоначально смонтированной ОУ $E_{min} = E_н K_з$, где $E_н$ — значение нормируемой минимальной освещенности. В процессе эксплуатации происходит изменение E_{min}. С учетом чистки ОП и замены вышедших из строя ИС зависимость $E_{min} = f(t)$ имеет пилообразный характер (рис. 11.26). Поскольку зависимость ПТ от уровня яркости носит логарифмический характер, предлагается [8.19] в качестве критерия надежности ОУ принимать уровень средней логарифмической освещенности E_{lgcp} (средней за определенный период эксплуатации), определяемый потенцированием выражения

$$(\lg E)_{ср} = \frac{1}{t}\int_0^t \lg (E_i)\, dt = \frac{\sum_1^n \lg E_i \, \Delta t}{t}, \quad (11.1)$$

где t — время от начала эксплуатации ОУ до момента отказа, ч; E_i — текущее значение освещенности в период между моментами времени t_{i-1} и t_i, лк.

Отказ ОУ наступает в тот момент, когда $E_{lgcp} = E_н$. В среднем за этот период времени обеспечивается предусмотренный при нормировании уровень ПТ.

Проведенный анализ [8.19] показал, что значение E_{min} не ниже значения $0{,}75\,E_н$ для всех разрядов зрительных работ. Таким образом, отказ ОУ наступает в тот момент, когда $E_{lgcp} \geqslant E_н$ при $E_{min} \geqslant 0{,}75\,E_н$.

Коэффициент запаса и эксплуатационные характеристики ОУ. Для компенсации возможного в процессе эксплуатации спада освещенности при проектировании ОУ должны вводиться коэффициенты запаса и предусматриваться регулярное обслуживание ОУ.

Значения $K_з$, регламентируемые нормами [44], колеблются в пределах 1,3—2 для промышленных ОУ и 1,3—1,5 для ОУ ОЗ. Коэффициент запаса можно представить в виде произведения двух составляющих: $K_{з,и}$, связанной с ухудшением технических характеристик изделий (снижением светового потока ИС и выходом из строя ламп, ПРА, стартеров и ЭУ), и $K_{з,с}$, учитывающей условия среды помещения (снижение освещенности, вызванное не восстанавливаемым после чистки уменьшением КПД ОП за счет ухудшения параметров его оптической системы, снижение светового потока ОП в промежутках между чистками, изменение КСС, загрязнение помещения и др.) [11.10].

Значение $K_{з,и}$ может быть найдено как

$$K_{з,и} = K_{з,л} K_{з,п} K_{з,э}, \quad (11.2)$$

где $K_{з,л}$, $K_{з,п}$ и $K_{з,э}$ — составляющие $K_{з,и}$, учитывающие соответственно спад светового потока и выход из строя ламп, ПРА и ЭУ.

Основное влияние на $K_{з,и}$ оказывает $K_{з,л}$. Исследования показали, что выход из строя ПРА и ЭУ за один и тот же период эксплуатации происходит несравненно реже, чем ИС. За время работы ОУ, равное $0{,}7\,\tau$ (τ — срок службы ИС), из строя выходят от 20 до 60 % установленных ЛЛ и от 5 до 35 % ламп типа ДРЛ [11.11].

Допустимый спад светового потока ИС регламентируется стандартами [47—49] и, как показывает практика, находится на уровне регламентированных значений. Исследованиями установлено также, что световой поток ГЛ Φ_t изменяется по экспоненциальному закону и может быть определен для любого выбранного момента времени по формуле

$$\Phi_t = \Phi_0 (\gamma_л + \beta_л\, e^{-t/t_л}), \quad (11.3)$$

где Φ_0 — световой поток в начале эксплуатации, лм; $\gamma_л$, $\beta_л$ и $t_л$ — постоянные коэффициенты для заданного типа ламп, зависящие от их физических свойств и конструкции (табл. 11.7).

Таблица 11.7. **Постоянные коэффициенты $\gamma_л$, $\beta_л$ и $t_л$ для различных типов источников света**

Тип источника света	Срок службы, тыс. ч	Значение постоянного коэффициента		
		$\gamma_л$	$\beta_л$	$t_л$, тыс. ч
ЛЛ	12	0,715	0,285	1,46
ДРЛ	10	0,699	0,301	1,92
ДРИ	5	0,417	0,583	1,58

Значение $K_{з,с}$ может быть выражено как

$$K_{з,с} = K_{з,зап} K_{з,н} K_{з,пом}, \quad (11.4)$$

где $K_{з,зап}$, $K_{з,н}$ и $K_{з,пом}$ — составляющие $K_{з,с}$, учитывающие соответственно спад светового потока за счет запыления ОП, невосстанавливаемость их КПД после чистки и загрязнение помещения.

Спад светового потока ОП за счет их запыления зависит от условий среды в помещении (концентрации и характера пыли и условий вентиляции) и конструкции

Таблица 11.8. Типовые кривые $\Phi_{t\,зап}$

Типовая кривая $\Phi_{t\,зап}$ (рис 11.31)	Концентрация пыли в помещении, мг/м³	Конструктивно-светотехническая схема (см. табл. 5.11)	Материал покрытия отражателя (см. табл. 5.11)	Эксплуатационная группа (см. табл. 5.11)	Постоянные параметры запыления		
					γ_c	β_c	t_c, недели
1	До 10	I, II	Любой	1—5	0,167	0,833	14,0
1	До 10	IV, V	»	7	0,167	0,833	14,0
2	10—20	I, II	»	1—5	0,328	0,672	18,5
3	20—30	I, II	»	1—5	0,436	0,564	9,7
3	30—50	IV, V	»	7	0,436	0,564	9,7
4	30—40	I, II	М	1—3	0,500	0,500	5,8
4	30—50	I, II	Т	4—5	0,500	0,500	5,8
5	30—50	I, II	СТ	2—4	0,725	0,275	6,6

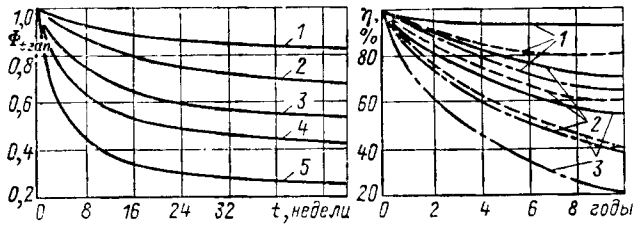


Рис 11.27. Спад светового потока светильников $\Phi_{t\,зап}$ за счет их загрязнения.

Рис. 11.28 Усредненные кривые снижения КПД светильников с отражателями из различных материалов.

1 — твердое покрытие; *2* — средней твердости; *3* — мягкое: концентрация пыли, мг/м³: ——— — менее 5; — — — — от 5 до 10; —·—·— — свыше 10.

ОП (открытые, с решетками, уплотненные и др.). Изучение работы светильников в цехах, наиболее характерных по условиям среды для каждой отрасли промышленности [11.11], позволило получить зависимости уменьшения светового потока ОП за счет их запыления и установить, что спад светового потока для любого выбранного момента времени $\Phi_{t\,зап}$ может быть выражен следующей эмпирической зависимостью:

$$\Phi_{t зап} = \Phi_0 (\gamma_c + \beta_c e^{-t/t_c}), \qquad (11.5)$$

где Φ_0 — световой поток ОП в начале эксплуатации, лм; γ_c, β_c и t_c — постоянные параметры для заданного типа ОП.

Кривые спада светового потока ОП за счет запыления, полученные на экспериментальных установках, в зависимости от концентрации пыли в помещении, конструкции ОП и материала отражателя были разбиты на пять групп. Усреднение кривых внутри каждой группы позволило получить пять типовых кривых спада светового потока $\Phi_{t\,зап}$, приведенных в табл. 11.8 и на рис 11.27. Сравнение этих кривых с приведенными в [11] для ОП различной конструкции и светораспределения для разных условий среды показало их практическое соответствие по значениям спада светового потока к концу одного года эксплуатации. Спад светового потока не равномерен в течение всего времени эксплуатации, как это показано в [11], а более интенсивен в первое время эксплуатации, а затем стремится к насыщению (рис. 11.27).

Степень запыления ОП, как правило, зависит от концентрации пыли в помещении и конструктивных схем ОП. Светильники, выходное отверстие которых защищено от пыли (IV конструктивно-светотехническая схема), имеют меньший спад светового потока, чем открытые. Материал отражателя оказывает влияние на степень запыления ОП лишь при сильном запылении (свыше 30 мг/м³), вследствие чего ОП с различным материалом отражателя, работающие в одних и тех же условиях, могут запыляться по-разному (кривые *4* и *5* рис. 11.27 и табл. 11.8). При малом запылении (кривые *1*, *2* и *3*) материал отражателя практически не влияет на степень запыления.

По типовым кривым может быть определена составляющая $K_{з.зап}$ для любого типа ОП и условий среды.

Необратимое снижение КПД ОП в процессе эксплуатации, т. е. коэффициента восстановления $K_в$, зависит от материала покрытия отражателя и конструкции ОП, а также от концентрации и характера пыли в помещении и условий чистки ОП [11.11, 11.14]. На рис. 11.28 приведены кривые спада КПД для различных ОП, полученные на опытных ОУ в различных отраслях промышленности, при числе чисток, соответствующем нормам [44].

Оценка влияния загрязнения поверхностей помещения на уменьшение освещенности может быть проведена с помощью эмпирического уравнения, характеризующего изменение коэффициентов отражения ρ поверхностей помещения в зависимости от продолжительности эксплуатации [11]:

$$\rho_t = \rho_0 (\gamma_п + \beta_п e^{-t/t_п}), \qquad (11.6)$$

где ρ_t, ρ_0 — коэффициенты отражения поверхностей помещения соответственно для любого выбранного момента времени t и в начале эксплуатации ОУ; $\gamma_п$, $\beta_п$ и $t_п$ — постоянные коэффициенты для заданных условий эксплуатации (табл. 11.9).

Значение $K_з$ равно произведению всех указанных выше составляющих:

$$K_з = K_{з.л} K_{з\,зап} K_{з.н} K_{з.пом}. \qquad (11.7)$$

Значения составляющих в свою очередь определяются по минимальным значениям светового потока ОП за рассматриваемый период эксплуатации, возникающим за счет соответствующих факторов, и рассчитываются как

$$K_{з.л} = 1/(\Phi_{tл}/\Phi_0); \qquad (11.8)$$

$$K_{з.зап} = 1/(\Phi_{tзап}/\Phi_0); \qquad (11.9)$$

$$K_{з.н} = 1/(\eta_t/\eta_0); \qquad (11.10)$$

$$K_{з.пом} = 1/(\rho_t/\rho_0). \qquad (11.11)$$

Составляющие коэффициента запаса зависят от того, в какой момент времени произведено обслуживание ОУ: $K_{з.л}$ — времени замены ИС, $K_{з.зап}$ и $K_{з.п}$ — чистки ОП, $K_{з.пом}$ — ремонта помещения. Поэтому нормы [44] регламентируют значения $K_з$ одновременно со сроками чистки ОП. Вводимое при проектировании ОУ значение $K_з$ обеспечивает освещенность в процессе эксплуатации не ниже нормируемого уровня лишь в том случае, если соблюдаются требуемые нормами [44] и правилами [54] режимы обслуживания ОУ. Вместе с тем в реальных условиях эксплуатации запыление ОП, зависящее не только от концентрации пыли в помещении, но и от ее физико-химических свойств, может не соответствовать типовым кривым запыления. Поэтому в отраслевых нормах на основании проведения эксплуатационных исследований могут быть установлены уточненные значения $K_з$ и сроков чистки ОП [11.12].

Способы и режимы обслуживания ОУ. Основными работами при обслуживании ОУ являются замена ИС и чистка ОП.

Применяются два способа замены ИС — индивидуальный и групповой. При индивидуальном способе за-

Таблица 11.9. Постоянные коэффициенты $\gamma_п$, $\beta_п$ и $t_п$ для различных условий эксплуатации ОУ

Характеристика пылевыделения	Рабочее помещение	Значение постоянного коэффициента для потолка			стен			пола		
		$\gamma_п$	$\beta_п$	$t_п$	$\gamma_п$	$\beta_п$	$t_п$	$\gamma_п$	$\beta_п$	$t_п$
Умеренное	Кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, лаборатории	0,04	0,96	5,0	0,08	0,92	5,0	0,15	0,85	5,0
Среднее	Инструментальные, сборочные, механические, пошивочные, ткацкие, прядильные цеха	0,08	0,92	4,0	0,16	0,84	4,0	0,30	0,70	4,0
Сильное	Кузнечные, литейные, мартеновские, сварочные, сборного железобетона цеха	0,17	0,83	3,5	0,30	0,70	3,5	0,50	0,50	3,5
Очень сильное	Агломерационные фабрики, цементные заводы, обрубные отделения литейных цехов	0,30	0,70	3,0	0,55	0,45	3,0	0,70	0,30	3,0

мена перегоревших ИС новыми осуществляется по мере выхода их из строя. Чаще всего это происходит через определенный промежуток времени Δt, зависящий от характера перегорания и срока службы ламп τ. Вследствие этого значение Δt может быть различным для разных ИС. Индивидуальный способ замены целе-

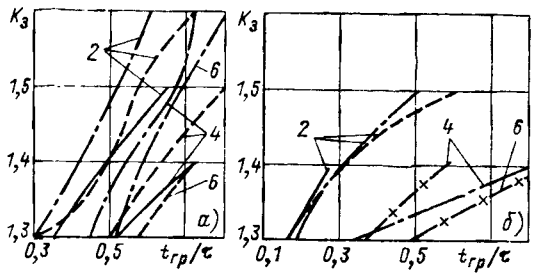


Рис. 11.29 Зависимость $K_з$ от режимов обслуживания ОУ при индивидуально-групповой замене ламп Цифрами на кривых указано количество чисток в год.

а — ЛЛ ($\Delta t/\tau$: ——— — 0,05; — — — — 0,10; —·—·— 0,20);
б — ДРЛ ($\Delta t/\tau$: ——— — 0,02; — — — — 0,035; —·—·— 0,05; —×—×— 0,10).

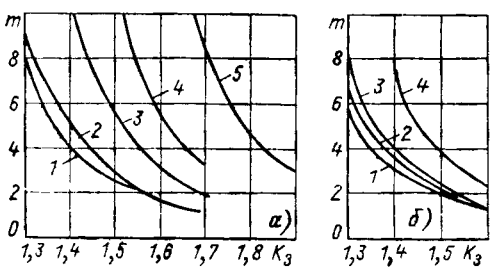


Рис. 11.30. Зависимости $K_з$ от числа чисток светильников при индивидуальной замене ламп в ОУ.

а — ЛЛ ($\Delta t/\tau$: *1* — 0,035; *2* — 0,05; *3* — 0,10; *4* — 0,15; *5* — 0,20);
б — ДРЛ ($\Delta t/\tau$: *1* — 0,02; *2* — 0,035; *3* — 0,05; *4* — 0,10).

сообразен в том случае, если выход из строя отдельных ИС приводит к существенному ухудшению количественных и качественных показателей ОУ. Это относится к ОУ с применением ЛН и ГЛВД (особенно при установке одного ОП в точке), а также к ОП местного освещения.

При групповом способе замена всех ИС — как отказавших, так и работающих — производится по истечении определенного времени. Интервал между двумя заменами принято называть временем групповой замены $t_{гр}$, его продолжительность определяется стабильностью светового потока ИС и интенсивностью выхода их из строя. Наиболее целесообразно использовать индивидуально-групповой способ замены ИС, при котором в промежутке между двумя групповыми заменами через определенный интервал Δt производится замена ламп, вышедших из строя за это время. Этот способ позволяет повысить эксплуатационный уровень освещенности и использовать при проектировании ОУ меньшие значения $K_з$ [11.10]. При индивидуально-групповом способе замены ЛЛ и реальном времени групповой замены $K_з$ на 10 % меньше, чем при групповом способе. Осуществление индивидуально-группового способа замены ИС во всех рядах ОП не одновременно, а через ряд со

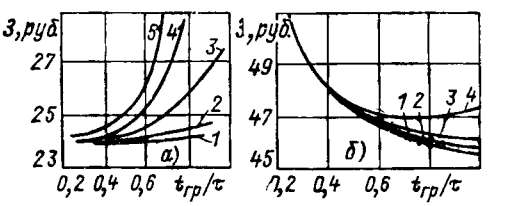


Рис. 11.31. Зависимости приведенных годовых затрат *З* от режимов замены ламп.

а — ЛЛ ($t_{гр}/\tau$: *1* — 0,035; *2* — 0,05; *3* — 0,10; *4* — 0,15; *5* — 0,2);
б — ДРЛ ($t_{гр}/\tau$: *1* — 0,02; *2* — 0,35; *3* — 0,05; *4* — 0,10).

сдвигом во времени $t_{гр}/2$ дает возможность принимать при проектировании значение $K_з$ на 20 % меньшее, чем при групповом способе.

Значение $K_з$ зависит от режимов обслуживания ОУ: при индивидуальной замене — от Δt и количества чисток ОП в год m, при индивидуально-групповом — также и от времени $t_{гр}$. Исследованиями ВНИСИ показано, что зависимость $K_з$ от режимов обслуживания целесообразно устанавливать не от абсолютных значений $t_{гр}$ и Δt, а от их отношения к τ, т. е. от $t_{гр}/\tau$ и $\Delta t/\tau$. На рис. 11.29 и 11.30 для примера показаны зависимости $K_з$ от режимов обслуживания ОУ с открытыми ОП с ЛЛ и ДРЛ, работающими в помещениях со средним выделением пыли (типовая кривая *2*). Увеличение $t_{гр}/\tau$ при групповом способе или $\Delta t/\tau$ при индивидуальном сопровождается при постоянном числе чисток m ростом $K_з$ или приводит при постоянном $K_з$ к необходимости увеличивать число чисток ОП.

Естественно, что как при индивидуально-групповом, так и при индивидуальном способе замены ИС удобнее иметь больший интервал $\Delta t/\tau$, т. е. меньшее число подходов к ОУ для замены ИС. Однако увеличение интервала $\Delta t/\tau$ приводит к снижению эксплуатационного

уровня освещенности, вследствие чего при проектировании ОУ требуется вводить больший $K_з$, что приводит к увеличению затрат (рис. 11.31). Анализ материалов ВНИСИ, аналогичных представленным на рис. 11.31, для разных типовых кривых и значений $K_з$ позволил установить, что для ЛЛ при постоянном $K_з$ наименьшие затраты имеют место при $\Delta t/\tau = 0{,}05$ (дальнейшее уменьшение интервала практически не сказывается на затратах). Совершенно нереальны при ЛЛ значения $\Delta t/\tau$, равные 0,15 и 0,2, так как по сравнению с $\Delta t/\tau = 0{,}05$ они приводят к значительно большим приведенным затратам (за счет увеличения $K_з$ на 10—13 %), а при

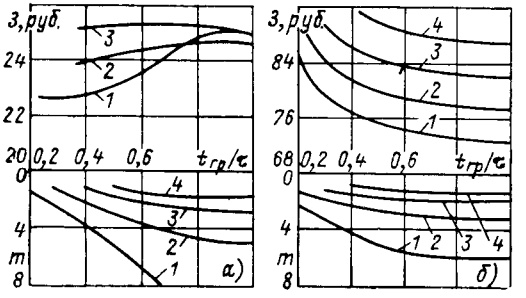


Рис. 11.32. Зависимости приведенных годовых затрат $З$ от режимов обслуживания ОУ.

а — ЛЛ; *б* — ДРЛ; $K_з$: *1* — 1,3; *2* — 1,4; *3* — 1,5; *4* — 1,6.

одинаковых затратах — к значительно меньшему $t_{гр}/\tau$ (на 30—50 % в зависимости от $K_з$). Для ламп ДРЛ оптимальное значение $\Delta t/\tau = 0{,}035$.

Основными показателями экономической эффективности сравниваемого варианта обслуживания являются приведенные годовые затраты, а также расход электроэнергии и затраты труда на чистку ОП.

Технико-экономическое сопоставление различных вариантов обслуживания ОУ, произведенное по минимальным приведенным затратам с учетом указанных выше соображений (пример сопоставления открытых ОП с ЛЛ и ДРЛ при типовой кривой запыления *2* приведен на рис. 11.32), показывает, что ЛЛ экономически целесообразно заменять индивидуально-групповым способом, в то время как лампы типов ДРЛ и ДРИ из-за их сравнительно большой стоимости выгодно заменять индивидуально. Наиболее целесообразным временем групповой замены ЛЛ является (0,7—0,8) τ с интервалом дополнительной замены перегоревших ламп 0,05 τ.

Чистка ОП общего освещения должна проводиться в сроки, указанные в [44] или в отраслевых нормах, утвержденных в установленном порядке. Чистку ОП целесообразно совмещать с заменой перегоревших ламп. Чистка ОП местного освещения должна выполняться ежедневно работающим при уборке своего рабочего места. При этом лица, производящие чистку ОП местного освещения, должны проходить инструктаж по технике электробезопасности. Остальные виды обслуживания этих ОП и ОП общего освещения (замена ИС, ремонт и пр.) проводятся электротехническим персоналом.

Способ чистки ОП — сухая протирка отражателей, мытье теплым мыльным раствором или очистка специальным раствором — определяется условиями среды в помещении. Сухая протирка отражателей наименее эффективна и дает самый низкий коэффициент восстановления КПД светильников [11.14], однако ее целесообразно производить в цехах ряда отраслей промышленности с сухой волокнистой пылью как дополнительную, в промежутках между мытьем отражателей. Приведенные на рис. 11.33 кривые снижения КПД ОП в процессе их эксплуатации иллюстрируют влияние способов очистки на восстановление КПД различных ОП в разных условиях среды. Особенно эффективны теплые мыльные растворы и специальные растворы [11.13] для помещений с тяжелыми условиями среды, дающие возможность не только сократить число чисток ОП, но и значительно увеличить коэффициент восстановления их

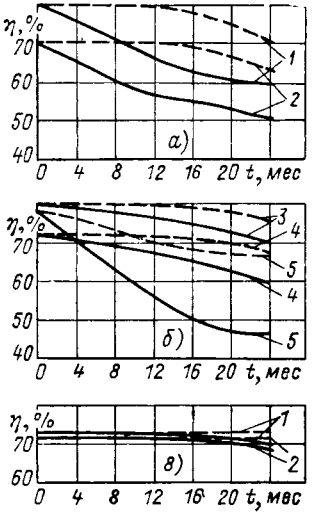


Рис. 11.33. Изменение КПД светильников в зависимости от способов чистки.

а — условия работы — литейный цех *1* — светильники типа СХМ (Т — материал, эксплуатационная группа 5); *2* — типа ГсР (СТ, 3); ——— — сухая протирка один раз в месяц; — — — — чистка специальным раствором или горячим мыльным раствором один раз в месяц; *б* и *в* — условия работы — механический цех; *1* — светильники типа УПД и ГПМ (Т, 5); *2* — типа Гэ (Т, 4); *3* — типа СЗ4ДРЛ (М, 2); ——— — сухая протирка один раз в месяц; — — — — чистка теплым мыльным раствором один раз в два месяца.

КПД. Наихудшее восстановление КПД независимо от способа чистки имеют ОП с мягким покрытием отражателя (к двум годам эксплуатации — 60 % первоначального значения при сухой протирке и 85 % — при мытье теплым мыльным раствором). Поэтому в отраслевых нормах искусственного освещения рекомендуется указывать наиболее эффективные способы чисток конкретных типов ОП в зависимости от характера и концентрации пыли в помещении.

11.4.2. РЕЖИМЫ И СПОСОБЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТАНОВОК НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Основной задачей бригад электромонтеров является обеспечение нормируемых светотехнических параметров установок НО путем их своевременного обслуживания.

Эксплуатация ОУ предусматривает измерение светотехнических параметров установок, контроль за работой ОП, замену ИС, чистку СП, проведение их планово-предупредительного ремонта, а также модернизацию установок с применением более эффективных ОП.

Для своевременного выявления негорящих ОП или ИС эксплуатационный персонал проводит объезды или обходы ОУ в вечернее время. Число негорящих ОП не должно составлять более 5 %.

При проведении индивидуальной замены ИС необходимо эффективно использовать рабочее время электромонтеров и подъемные механизмы за счет оптимизации пути и времени их передвижения. В ОП допускается заменять ЛН и ГЛ без снятия напряжения, если ПРА, применяемые для включения ГЛ, не предусматривают подачу повышенного по сравнению с фазным (220 В) напряжения при зажигании.

Осветительные приборы периодически чистят не реже двух раз в год. На участках, подверженных усиленному загрязнению, ОП чистят по специальному графику.

При невозможности восстановления характеристик отражателей, их рекомендуется заменять. При чистке ОП проверяют также исправность крепежных деталей и контактов. Профилактическую чистку ОП проводят только в светлое время суток. При очистке должны соблюдаться рекомендации заводских инструкций по эксплуатации ОП.

Для выявления процента негорящих ОП и состояния установок НО проводятся контрольные проверки: 1 раз в две недели в осенне-зимний период (с октября по март) и 1 раз в три недели в весенне-летний период (с апреля по сентябрь). При контрольных проверках следует обращать внимание на положение ОП относительно освещаемых объектов, повышенное слепящее действие ОП за счет неправильного положения ламп и т. п. Особенно тщательно следует контролировать работу ОУ на наиболее ответственных участках в ночном режиме — перекрестках, наземных пешеходных переходах, транспортных и пешеходных туннелях.

Процент негорящих ОП определяется как отношение их количества к общему количеству ОП, установленных на участке, выбранном для контрольной проверки. На этом участке должны быть не только магистральные улицы, но и улицы местного движения и проезды.

Измерять уровни освещенности на улицах и дорогах категорий А и Б необходимо не реже 1 раза в год.

При массовом использовании ОП с лампами типа ДРЛ наиболее перспективным является групповой метод обслуживания установок, но с частичной индивидуальной заменой ИС, который позволяет существенно сократить затраты труда электромонтеров и рационально использовать машины и механизмы. При таком методе одновременно заменяют все ИС в ОУ, когда их световой поток составляет менее 75 % номинального. Метод эффективен при высоком эксплуатационном сроке службы ИС (более 6 тыс. ч). При этом индивидуальная замена погасших до истечения 6 тыс. ч ИС производится только в ОП, установленных на наиболее ответственных участках улиц и дорог. Установку продолжают эксплуатировать с частью вышедших из строя ИС до очередной групповой замены, если обеспечивается заданный процент негорящих ИС. При групповом методе производится замена ИС, зеркальных отражателей и рассеивателей. Этот метод наиболее эффективен для поддержания нормируемых уровней освещенности, если одна из плановых замен ИС совмещена с заменой отражателей и рассеивателей, так как при этом восстанавливаются начальные светотехнические параметры ОУ. Групповой метод требует предварительного технико-экономического обоснования, так как расход ИС при этом по сравнению с методом индивидуальной замены увеличивается и его следует использовать, как правило, для обслуживания ОП одного типа, что позволяет легко заменять отражатели и рассеиватели.

Ремонтировать вышедшие из строя ОП и ПРА следует в мастерских. Планово-предупредительный ремонт осветительной аппаратуры следует осуществлять не реже 1 раза в три года и совмещать его с чисткой ОП и заменой ИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

11.1. **Азалиев В. В., Бреднхин В. В., Соколов В. И.** Об организации эксплуатации осветительных установок Волжского автомобильного завода. — Светотехника 1978, № 7, с. 13—15.

11.2. **Указания** по эксплуатации установок наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов. — М.: Стройиздат, 1978. — 143 с.

11.3. **Азалиев В. В., Бреднхин В. В.** Установка для механической мойки светильников. — Светотехника, 1978, № 1, с. 22—23.

11.4. **Инструктивные** указания по проектированию электротехнических промышленных установок. ГПИ Тяжпромэлектропроект, 1972, № 8.

11.5. **Бухман Г. Б.** Технико-экономическое обоснование выбора наивыгоднейших средств доступа к светильникам для их обслуживания. — Светотехника, 1972, № 8, с. 21—25.

11.6. **Улавнов Р. Н., Щербаков В. Д.** Автомобильные подъемники и автопогрузчики — М.: Высшая школа, 1977. — 156 с.

11.7. **Гусев Н. М., Эрнванцев И. Н.** Повышение светоактивности окон и фонарей зданий. - М.: Стройиздат, 1976. — 102 с.

11.8. **Эрнванцев И. Н.** Параметры механизированного инструмента для очистки стекол — Светотехника, 1979, № 11, с. 18—19.

11.9. **Эрнванцев И. Н.** Средства доступа и устройства для чистки остекления. — Светотехника, 1981, № 3, с. 21—24.

11.10. **Варсанофьева Г. Д., Кроль Ц. И.** Зависимость коэффициента запаса от параметров осветительных установок и их эксплуатационных характеристик. — Светотехника, 1974, № 10 с. 1—4.

11.11. **Варсанофьева Г. Д.** Эксплуатационные исследования осветительных установок. — Светотехника, 1977, № 7, с. 6—9.

11.12. **Нестерова И. Л., Частухина Т. Н.** Определение величины коэффициента запаса и сроков чистки светильников в цехах предприятий текстильной и трикотажной промышленности. — В кн.: Сборник научных работ институтов охраны труда ВЦСПС «Актуальные вопросы охраны труда». М.: Профиздат, 1979, с. 131—136.

11.13. **Несторович И. И.** Восстановление характеристик отражателей светильников. — Светотехника, 1970 № 7, с. 16—18.

11.14. **Айзенберг Ю. Б., Несторович И. И., Ершова Т. И.** Об исследовании эксплуатационных характеристик промышленных светильников с лампами накаливания и ДРЛ. — Светотехника, 1972, № 3, с. 5—8.

Раздел двенадцатый

ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

12.1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОМЫШЛЕННЫМ ОСВЕТИТЕЛЬНЫМ УСТАНОВКАМ

Осветительные установки промышленных предприятий в нашей стране потребляют не менее 45 % электроэнергии, расходуемой на все искусственное освещение, и не менее 10 % электроэнергии, потребляемой самими предприятиями. С каждым годом это потребление возрастает: так, на освещение промышленных предприятий было ориентировочно израсходовано: в 1970 г. — 40 млрд. кВт·ч, в 1975 г.—60 млрд. кВт·ч, в 1980 г.— 80 млрд. кВт·ч.

Рост освещенности на промышленных предприятиях опережает темп потребления электрической энергии на освещение благодаря все возрастающему, начиная с 50-х годов, использованию ГЛ. Если в конце 40-х годов практически все промышленные предприятия освещались ЛН, то в 1965 г. ГЛ создавали не менее 30 % светового потока ОУ, в 1970 г. — 60 %, в 1980 г. — 70 %. Начиная с 80-х годов на вводимых в действие промышленных предприятиях доля светового потока ГЛ достигает 80—85 %.

Установленная мощность освещения на промышленных предприятиях к началу 1981 г. составляла примерно 40 млн. кВт, а число установленных СП — более 300 млн. шт. На монтаж промышленных ОУ затрачивается не менее 20 % средств, расходуемых на монтаж всех электротехнических установок в народном хозяйстве. Средние капиталовложения на 1 кВт установлен-

ной мощности промышленного освещения при ЛН составляет 100—120 руб., ЛЛ — 300—400 руб., ГЛВД — 250—300 руб.

Влияние освещения на состояние людей и производительность труда. Условия искусственного освещения на промышленных предприятиях оказывают большое влияние на ЗР, физическое и моральное состояние людей, а следовательно, на ПТ, качество продукции и производственный травматизм. Чем точнее и напряженнее выполняемая зрительная работа, тем сильнее это влияние (см. разд. 1 и 8).

Многочисленными исследованиями [15] установлены зависимости функций зрения от условий искусственного освещения. Ими руководствуются при нормировании количественных и качественных характеристик промышленных ОУ и при разработке рекомендаций по выбору ИС, систем и способов искусственного освещения.

Увеличение освещенности в производственных помещениях и в местах производства наружных работ положительно влияет на такие важные функции зрения, как его острота, устойчивость ясного видения, скорость различения, контрастная чувствительность (см. разд. 1). При повышении контраста между объектом различения и фоном, на котором объект рассматривается, ЗР увеличивается. Она также зависит от соотношения яркостей рабочей зоны и окружающего фона, попадающего в поле зрения работающего: с увеличением этого соотношения работоспособность понижается. Более благоприятное соотношение яркостей имеет место при системе общего освещения, менее благоприятное — при комбинированном освещении. В последнем случае условия зрительной работы улучшаются при повышении яркости фона, что достигается повышением коэффициента отражения поверхностей помещений (стен, потолка, пола) и производственного оборудования. Однако слишком светлые поверхности стен, пола и оборудования могут оказывать отрицательное влияние.

Многие производственные операции требуют такого направления света, при котором на рабочей поверхности создаются наиболее благоприятные условия для зрительной работы, например лучше выявляются детали, исчезают или появляются микротени, устраняется попадающее в поле зрения зеркальное отражение ИС и т. п. Указанные условия достигаются применением системы общего или комбинированного освещения, выбором наиболее целесообразных для данных условий ОП общего и местного освещения и их размещения относительно рабочих мест. Часто оптимальные решения ОУ находят экспериментальным путем. Ухудшение функций зрения вызывают прямая блескость, т. е. чрезмерная яркость ИС и СП, и отраженная блескость — зеркальное отражение светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающих. Отрицательное действие блескости на зрение тем больше, чем точнее, напряженнее и длительнее зрительная работа. При наличии блескости снижается ПТ, повышается зрительное и общее утомление.

Ограничение прямой блескости достигается выбором ОП с оптимальными для данных условий светотехническими характеристиками и правильным их размещением (см. § 10.2). Труднее устранить отраженную блескость. Рекомендации по ее ограничению приводятся в прилож. 7 к нормам [44].

Отрицательное влияние на зрение оказывают пульсации освещенности при питании ГЛ током промышленной частоты (50 Гц), которые вызывают утомление зрения. При освещении быстро движущихся или вращающихся предметов может возникать явление стробоскопического эффекта, повышающего опасность травматизма. В ОУ должны приниматься меры по снижению пульсаций до уровня, установленного нормами (см. разд. 8) [44].

Таблица 12.1. **Требования по ограничению неравномерности освещенности от общего освещения**

Разряд зрительный работы [44]	Источник света	Отношение максимальной освещенности к минимальной, не более
I—III	Люминесцентные лампы	1,5
	Прочие	2,0
IV—VII и VIIIа	Люминесцентные лампы	1,8
	Прочие	3,0

Мероприятия по улучшению освещения на промышленных предприятиях требуют дополнительных, иногда значительных затрат, которые быстро окупаются за счет повышения ПТ, улучшения качества продукции и снижения травматизма.

Системы освещения. Источники света. Первостепенное значение для выбора системы освещения (см. § 10.2) имеет точность выполняемых зрительных работ, характер и особенности производственного оборудования, условия естественного освещения. Рекомендации по выбору систем освещения приведены в [18, 24, 12.1], а также в отраслевых нормах искусственного освещения (см. разд. 8). При выборе систем освещения необходимо учитывать, что капитальные вложения и эксплуатационные расходы при комбинированном освещении ниже, чем при общем.

При устройстве общего освещения неравномерность освещения в зоне размещения рабочих мест в соответствии с требованиями норм [44] не должна превышать значений, указанных в табл. 12.1.

Общие указания по выбору ИС для ОУ содержатся в табл. 10.2, а также в отраслевых нормах искусственного освещения. Одним из важных условий при выборе типов ИС для внутреннего освещения производственных помещений является наличие или отсутствие требований по правильной цветопередаче. При отсутствии таких требований могут использоваться ИС типов ДРЛ и ДНаТ, в противном случае должны применяться, в зависимости от требуемого уровня цветопередачи, ЛЛ соответствующей цветности или лампы типа ДРИ (см. табл. 10.1).

Светотехнический выбор светильников. Для освещения промышленных предприятий ОП выбирают исходя из многих условий. Экономичность общего освещения производственных помещений зависит от выбора ОП по наиболее эффективным КСС для конкретных условий освещаемого помещения. Для общего равномерного освещения в качестве критерия экономичности ОП используются оптимальные отношения расстояния l между соседними ОП (или их рядами) к высоте h установки ОП над расчетной поверхностью в зависимости от типа КСС светильника по ГОСТ 13828-74 [51] (табл. 12.2).

Таблица 12.2. **Рекомендуемые и допустимые значения l/h для светильников с различными КСС**

Тип КСС светильника по ГОСТ 13828-74	l/h	
	Рекомендуемые значения	Наибольшие допустимые значения
К	0,4—0,7	0,9
Г	0,8—1,2	1,4
Д	1,2—1,6	2,1
М	1,8—2,6	3,4
Л	1,4—2,0	2,3

Таблица 12.3. **Номенклатура и основные параметры светильников с ГЛВД и ЛН для общего освещения производственных помещений**

Наименование серии, типа	Источник света		Конструктивно-эксплуатационные параметры				Светотехнические характеристики				Способ установки по ГОСТ 13828-74	Способ монтажа*	Номер рисунка
	Тип	Мощность, Вт	Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	КСС по табл. 9.4	КПД, %				
									общий	в нижнюю полусферу			
СД2ДРЛ	ДРЛ	250, 400, 700, 1000	IA	2	М	IP20	П	Г-1	70	70	С	3	П.2, *а*
СЗ4ДРЛ		250, 400, 700, 1000	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3	75	75	С	3	П.2, *а*
СЗ5ДРЛ		250, 400, 700, 1000	IA	3	СТ	IP20	П	К-1	75	75	С	3	П.2, *а*
СД2РТС		400, 700, 1000	IA	2	М	5′3	П	Г-1	70	70	С	4	—
УПСДРЛ, РСП19		250, 400	Косо-свет	5	Т	5′0	—	—	72	72	С	4	—
УПДДРЛ, РСП20		250, 400, 700	IA	5	Т	5′0	П	Г-1	70	70	С	4	—
ППДДРЛ		250	IIA	5	Т	IP63	П	Д-2	63	63	С	4	—
ППРДРЛ		250	VIA	6	Т	IP63	Н	М	72	47	С	4	—
ППД 2-ДРЛ, РСП20		250	IVA	7	Т	IP63	П	Г-1	63	63	С	4	—
РСП05	ДРЛ	250, 400, 700, 1000	IA	2	М	IP23	П	Г-1	70	70	С	2	П.2, *б*
				3	СТ	IP23	П	Г-3	80	80	С	2	П.2, *б*
				3	СТ	IP23	П	К-1	80	80	С	2	П.2, *б*
РСП08	ДРЛ	125	IA	2	М	IP20, 5′3, 5′1	П	Г-1	70	70	С	4	—
		125	IA	3	СТ	IP20, 5′0	П	Л	80	80	С	4	—
		250	IA	2	М	IP20, 5′3	П	Г-1	70	70	С	4	—
		250	IA	3	СТ	IP20, 5′3, 5′1	П	Г-3	80	80	С	4	—
		250	IA	3	СТ	IP20, 5′0	П	Л	80	80	С	4	—
		400	IA	3	СТ	IP20, 5′0	П	Г-3	80	80	С	4	—
		400	IA	3	СТ	IP23, 5′3	П	К-1	80	80	С	4	—
		400	IA	3	СТ	IP20, 5′0	П	Л	80	80	С	4	—
РСП10	ДРЛ	2000	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3, К-2	75	75	С	2	—
ГСП10	МГЛ	700	IA	3	СТ	IP20, 5′3	П	НТ**, ***	75	75	С	2	—
		700	IVA	7	Т	IP53	П	НТ**, ***	70	70	С	2	—
		2000	IA	3	СТ	IP20	П	НТ**, ***	75	75	С	2	—
РСП11	ДРЛ	400	IIA	5	Т	IP60	П	Д-1	60	60	С	3	—
			VIA	6	Т	IP60	Р	М	70	40	С	3	—
РСП12	ДРЛ	700	IVA	7	Т	IP60	П	Г-1	62	62	С	3	—
РСП13	ДРЛ	400, 700, 1000		2	М	5′4	П	Г-1	70	70	С	3	—
		400, 700, 1000	IA	3	СТ	5′4	П	Г-3	75	75	С	3	П.2, *в*
		400, 700, 1000		3	СТ	5′4	П	К-1	75	75	С	3	—
ЖСП01	НЛВД	400	IA	3	СТ	IP23	П	Г-4, К-2	70	70	С	2	—
				7	Т	IP53							
РСП14	ДРЛ (2 лампы)	400	IA	4	Т	5′0	П	Г-1	72	72	С	1	—
		400	IVA	7	Т	IP60	П	Г-1	62	62	С	1	—
		700	IA	4	Т	5′0	П	Г-4	77	77	С	1	—
		700	IVA	7	Т	IP60	П	Г-4	62	62	С	1	—
ГСП14	МГЛ+ДРЛ	700+700	IA	4	Т	5′0	П	НТ**, ***	72	72	С	1	—
	МГЛ+ДРЛ	700+700	IVA	7	Т	IP60	П	НТ**, ***	72	62	С	1	—
	МГЛ (2 лампы)	2×700	IA	4	Т	5′0	П	Г-2	72	72	С	1	—
		2×700	IVA	7	Т	IP60	П	Г-2	62	62	С	1	—
ЖСП14	НЛВД+ +ДРЛ	400+400	IA	4	Т	5′0	П	НТ**, ***	72	72	С	1	—
			IVA	7	Т	IP60	П	НТ**, ***	62	62	С	1	—
ГСП15	МГЛ	400	IVA	7	Т	IP54	П	Г-2	60	60	С	3	П.2, *г*
РСП16	ДРЛ	400	IVA	7	Т	IP54	П	Г-1	60	60	С	3	—
РСП17	ДРЛ	250	IA	2	М	IP20	П	Г-1	80	80	С	2	—
		400	IA	2	М	IP20	П	Г-1	70	70	С	2	—
		400	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3	80	80	С	2	—
		700	IA	2	М	IP20	П	Г-1	70	70	С	2	—
		700	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3	80	80	С	2	—
		1000	IA	2	М	IP20	П	Г-1	75	75	С	2	—
		1000	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3, К-1	80	80	С	2	—
		2000	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3	75	75	С	2	—
ГСП17	МГЛ	700	IA	3	СТ	IP20	П	Г-3					
		700	IA	3	СТ	IP20	П	К-1	75	75	С	2	—
		2000	IA	3	СТ	IP20	П	К-1					
ЖСП17	НЛВД	400	IA	3	СТ	IP20	П	Г-4, К-2	75	75	С	2	—
РСП18	ДРЛ	250, 400, 700, 1000	IA	2	М	IP20	П	Г-2	70	70	С	3	П.2, *а*
		250, 400, 700, 1000	IA	3	СТ	IP20	П	Г-4	75	75	С	3	П.2, *а*
		250, 400, 700, 1000	IA	3	СТ	IP20	П	К-2	75	75	С	3	П.2, *а*

Продолжение табл. 12.3

Наименование серии, типа	Источник света: Тип	Источник света: Мощность, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Светотехнические характеристики: Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	КСС по табл. 9.4	КПД, %: общий	КПД, %: к нижнюю полусферу	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Способ монтажа*	Номер рисунка
ГСП18	МГЛ	250, 400, 700, 1000	IA	2	М	IP20	П	Г-2	70	70	С	3	П.2, *а*
				3	СТ	IP20	П	Г-4	75	75	С	3	П.2, *а*
				3	СТ	5′0	П	Д-2	75	75	С	3	П.2, *а*
ЖСП20	НЛВД	250	IIA	5	Т	IP20	П	К-2	70	70	С	3	—
ССП02	МГЛ	700	VIIA	6	Т	5′0	П	Г-3, К-2	100	100	С	2	—
С, НСП17	ЛН	200, 500	IA	3	СТ	IP20	П	Л	80	80	С	4	—
ГС, НСП17	ЛН	500, 1000	IA	3	СТ	IP20	П	Г-4	80	80	С	4	—
ГК, НСП17	ЛН	1000	IA	3	СТ	IP20	П	К-1	80	80	С	4	—
СУ, НСП17	ЛН	200, 500	IA	3	СТ	5′3	П	Л	80	80	С	4	—
ГсУ, НСП17	ЛН	500, 1000	IA	3	СТ	5′3	П	Г-4	80	80	С	4	—
ГкУ, НСП17	ЛН	1000	IA	3	СТ	5′3	П	К-1	80	80	С	4	—
УПМ15, НСП22	ЛН	500	IA	4	Т	5′0	П	Д-2	75	75	С	4	П.2, *е*
УП24, НСП22	ЛН	500	IVA	7	Т	IP63	П	Г-1	67	67	С	4	П.2, *ж*
УПД, НСП20	ЛН	500, 1000	IA	5	Т	5′0	П	Г-1	75	75	С	4	—
УПС, НСП19	ЛН	500, 1000	Косо-свет	5	Т	5′0		—	75	75	С	4	П.2, *з*
ППР, НСП11	ЛН	100, 200, 500	VIA	6	Т	IP60	Р	М	77	47	С	4	—
ППД, НСП11	ЛН	100, 200	VA	5	Т	IP63	П	Д-2	67	67	С	4	—
		500	VIA	6	Т	IP63	П	Д-1	68	68	С	4	—
ППД2, НСП20	ЛН	500	IVA	7	Т	IP63	П	Г-2	67	67	С	4	—
НСР01	ЛН	100, 200	VIA	6	Т	IP53	Р	М	75	45	С	2	П.2, *м*
НСП01 «Астра», НСП21	ЛН	100	IA	4	Т	IP23	П	Д-2	71	71	С	4	—
		100	Косо-свет	4	Т	IP20, 5′3	П	—	71	71	С	4	—
		200	IA	4	Т	IP23, 5′3	П	Д-2	76	76	С	4	—
		200	Косо-свет	4	Т	IP20, 5′3	П	—	76	76	С	4	—
		200	IVA	7	Т	IP53	П	Г-2	60	50	С	4	—
НСП02	ЛН	100	VIA	6	Т	IP54	Р	М	70	42	С	2	—
НСП03	ЛН	60	VIA	6	Т	IP54	Р	М	75(65)	45(40)	С	4	—
НСП04	ЛН	200	IA	4	Т	IP23	Р	М	75	45	С	2	П.2, *к*
НСП09	ЛН	200	VIA	6	Т	IP50	Р	М	75	45	С	2	—
НСП11	ЛН	500	VIA	6	Т	IP50	Н	Д-1	67	55	С	3	—
							Р	М	77	47	С	3	—
ПСХ	ЛН	60	VIA	6	Т	IP54	Н	Д-1	65	50	П, Б	—	П.2, *и*
НПП02	ЛН	100	VIA	6	Т	IP54	П	Д-1	70	70	П, Б	—	—
НПП03	ЛН	100	VIA	6	Т	IP54	П	Д-1	50	50	П, Б	—	П.2, *к*
ИСП01	ГЛН	1000, 2000	IB	4	Т	IP20	П	Д-2	75	75	С	1	—
ИСП02	ГЛН	1000	IVB	7	Т	IP54	П	К-1	75	75	С	1	—
Н4БН-150	ЛН	150	VA	5	Т	2ExiIIT2	П	Г-1	55	55	С	3	—
			VIA	6			Р	М	70	40	С	3	—
Н4Б-300М	ЛН	300	VA	4	М	2ExiIIT2	П	Г-2	50	50	С	1	—
			VIA	6	Т		Р	М	80	45	С	1	—
Н4Т2Н-300	ЛН	300	VA	5	Т	2ExiIIT2	П	Г-2	55	55	С	1	—
			VIA	6			Р	М	70	40	С	1	—
В4А-60	ЛН	60	VIA	6	Т	2ExdIIT1	П	Д-1	50	50	П	—	—
В3Г-100А	ЛН	100	VIA	6	Т	2ExdIIT3	П	Д-1	45	45	П	—	П.2, *л*
В3Г-200АМ	ЛН	200	VA	4	М	2ExdIIT3	П	Д-2	60	60	С	1	—
			VIA	6	Т		Н	Д-1	75	55	С	1	—
В3Г/В4А-200М	ЛН	200	VA	4	М	2ExdIIT3	П	Д-2	55	55	С	1	—
			VIA	6	Т		Н	Д-1	75	55	С	1	—

* Способ монтажа: 1 — на трубу ¼″; 2 — на крюк, трубу ¾″; 3 — на трубу ¾″, монтажный профиль; 4 — на крюк, трубу ¾″, монтажный профиль.

** НТ — не типовая кривая силы света.

*** Светотехнические параметры приведены для варианта светильника без защитной сетки.

Таблица 12.4. **Номенклатура и основные параметры светильников с ЛЛ для общего освещения производственных помещений**

Наименование серии (типа)	Источник света: Количество	Источник света: Мощность, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Степень защиты по табл. 5.8	Светотехнические параметры: Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	Светотехнические параметры: КСС по табл. 9.4	Светотехнические параметры: КПД, %	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Способ монтажа*	Номер рисунка	Примечание
ОДР	2	40, 80	IБ	2	М	IP20	П	Г-1	70	С	1, 3, 5		Прокладка сетевых проводов в корпусе
ЛД	2	40, 80	IБ	2	М	IP20	П	Д-2	75	С	1, 2		
			IIБ	3	М	IP20	Н	Д-2	80				
			IВ	2	М	IP20	П	Г-1	70				
			IIВ	3	М	IP20	Н	Д-2	75				
ЛСП02	2	40, 65, 80	IБ	2	М	IP20	П	Д-2	70	С	1, 3, 4, 6, 7		
			IIБ	3	М	IP20	Н	Д-2	75				
			IВ	2,3	М, СТ	IP20	П	Г-1	60				
			IIВ	2,4	М, СТ	IP20	Н	Д-2	70				
			Кососвет	2	М	IP20	—	—	70				
ЛСП06	2	40, 65, 80	IБ	2	М	IP20	П	Д-2	70	С	1—6	П.3, *а*	
			IIБ	3	М	IP20	Н	Д-2	70				
			IВ	2	М	IP20	П	Г-1	65				
			IIВ	3	М	IP20	Н	Д-2	65				
ЛСП13	2	40, 65	IВ	2	М	IP20	П	Л	75	С	1, 4, 5	П.3, *б*	
			IВ	2	М	IP20	П	Г-2	75				
			IБ	2	М	IP20	П	Г-2	75				
ПВЛМ	2	40, 80	IБ	2	М	5′0	П	Д-2	70	С, П	1, 7	П.3, *в,г*	Прокладка сетевых проводов в корпусе
	2	40, 80	IIБ	3	М	5′0	Н	Д-2	75				
	2	40, 80	IВ	2	М	5′0	П	Г-1	65				
	2	40, 80	IIВ	3	М	5′0	Н	Д-2	70				
	2	40, 80	IIГ	3	М	5′0	Н	Д-1	75				
	2	40, 80	VIIГ	6	Т	5′0	Н	Д-1	85				
	1	80	VIIГ	6	Т	5′0	Н	Д-1	85				
	1	40, 80	Кососвет	2	М		П	—	65				
ЛСП12	2	40, 65, 80	IБ	2	М	5′1	П	Д-2	70	С, П	1, 7	—	
			IIБ	3	М	5′0	Н	Д-2	75				
			IВ	2	М	5′1	П	Г-1	65				
			IIВ	3	М	5′0	Н	Д-2	70				
			IIГ	3	М	5′0	Н	Д-1	75				
			VIIГ	6	Т	5′0	Н	Д-1	85				
			Кососвет	2	М	5′1	П	—	65				
ЛСП18	1	40	VIIГ	6	Т	5′0	Н	Д-1	85	С, П	1, 7	П.3, *д*	
ПВЛ1, ЛСП16	2	40	IVВ	7	СТ	IP54	Н	Д-1	60	С	1, 5, 9	—	
ПВЛП	2	40	IVВ	7	СТ	IP54	Н	Д-1	65	С	1, 2	—	
ЛСП14	2	40	IVВ	7	СТ	IP54	Н	Д-1	65	С	1, 3, 4, 6, 7	—	Светильники укомплектованы сетевыми проводами
ВЛВ**	3,4	80	IVВ	7	СТ	IP54	П	Д-2	50	В	—	—	Обслуживаются сверху, ПРА выносной
ЛВП02**	2		IВ	3	СТ	IP20	П	Г-1	55	В	—	П.3, *ж*	Обслуживается сверху, ПРА выносной и встроенный
	2		IVВ	7		IP53			50				
	3	65, 80	IVВ	7		IP53			45				
	4		IВ	3		IP20			50				
	4		IVВ	7		IP53			45				
ЛВП04**	4	65, 80	IVВ	7	СТ	IP54	П	Г-1	45	В	—	—	Обслуживается сверху, ПРА пристроенный
ЛВП31**	4	80	IVБ, IVВ	7	СТ	IP54	П	Г-1	45	В	—	—	Предназначены для работы совместно с системами вентиляции и кондиционирования
ЛВП33**	2,4	80	IVВ	7	СТ	IP53	П	Г-1	50	В	—	—	То же
НОГЛ, НЧТ4Л	1	80	IVБ	6	СТ	2ExiIIT4	Р	М	70	С	6, 8, 9	–	
	1		VБ	4	М		П	Г-1	60				
	2		VIБ	6	СТ		Р	М	65				
	2		VБ	4	М		П	Г-1	55				
НОДЛ	1	40	VIБ	6	СТ	2ExiIIT5	Р	М	65	С	6, 8, 9		
			VБ	4	М		П	Г-1	60				

Продолжение табл. 12.4

Наименование серии (типа)	Источник света: Количество	Источник света: Мощность, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Степень защиты по табл. 5.8	Светотехнические параметры: Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	Светотехнические параметры: КСС по табл. 9.4	Светотехнические параметры: КПП, %	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Способ монтажа*	Номер рисунка	Примечание
Н4Т5Л	1	65, 80	VIБ	6	СТ	2Ех1IIТ5	Р	М	70	С	6, 8, 9	—	
	1		VБ	4	М		П	Г-1	65				
	2		VIБ	6	СТ		Р	М	65				
	2		VБ	4	М		П	Г-1	55				
РПЛ01	1	20, 40	VIБ	6	СТ	РП IIIВ	Р	М	68	С	6, 9, 10	—	
РВЛМ	1	15, 20, 40, 65	VIБ	6	СТ	РВ 3В	Р	М	68	С	6, 9	П.3, *е*	

* Способ монтажа: 1 — на штанге длиной 0,5 и 1 м; 2 — на потолке; 3 — на трубе; 4 — к шинопроводу ШОС-67; 5—к коробу КЛ-1; 6 — на тросе; 7 — на потолке с помощью швеллера; 8 — на перфорированном профиле; 9 — на крюке; 10 — на фланце.

** Габаритные размеры отверстий для установки встраиваемых светильников:

Наименование серии, типа	Габаритные размеры, мм: Ширина	Габаритные размеры, мм: Длина	Наименование серии, типа	Габаритные размеры, мм: Ширина	Габаритные размеры, мм: Длина
ВЛВ	545	1690	ЛВП31	545	1690
ЛВП02	545	1560	ЛВП33	256/500	1512
ЛВП04	545	1630			

Примечание. В числителе — ЛВП33 с двумя лампами мощностью по 80 Вт, в знаменателе — с четырьмя лампами.

Таблица 12.5. **Номенклатура и основные параметры светильников местного освещения и переносных светильников**

№ п.п	Наименование серии (типа)	Область применения	Напряжение сети, В	Источник света: Тип	Источник света: Мощность, Вт	Источник света: Количество	Степень защиты по табл. 5.8	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Номер рисунка
1	ЛНП01	Освещение работ различной точности на конвейерах, верстаках и отдельных рабочих местах	127 127 220	ЛБ15 ЛБ20 ЛБУ30	15 20 30	2	2'0	Н	П.4, *а*
2	ЛКС01	Освещение рабочей зоны в основном на универсальных шлифовальных станках различных типов	110, 127	ЛБ8	8	2	IPX4	Н, Б	—
3	СГС-1	Освещение рабочей зоны на токарных, фрезерных, строгальных и других видах станков	36	МО-36-60 МОД-36-60	60	1	IP20	Н, Б	—
4	НКС01	Освещение рабочей зоны на токарных, фрезерных, строгальных и других видах станков	36	МОЗ-36-100	100	1	IP20	Н, Б	—
5	НКП01	Освещение рабочей зоны на деревообрабатывающих станков и прессах	24	С24-60	60	1	IP65, IP54, IP20	Н, Б	П.4, *б*
6	НВП01	Освещение рабочей зоны на прессах	24	С24-60	60	1	IP54	В	П.4, *г*
7	С-2ХБ, С-2ХБМ	Освещение пультов управления различных агрегатов и машин	13*	СМ13-10-В	10	1	IP54	Б	П.4, *д*
8	ПЛ-64	Освещение при работах на машинах, агрегатах и др.	26*	СМ26-10	10	1	IP20	Р	П.4, *е*
9	ПЛТ-50	Освещение при ремонте и осмотре машин	28*	ТН-2	10	1	IP20	Р	—
10	ПЛТ-67А	Освещение при ремонте и осмотре машин	12	А12-21	21	1	IP20	Р	П.4, *ж*
11	СПЛ-2 (с линзой)	Освещение рабочей зоны на машинах и агрегатах	13,5*	А12-21	21	1	IP20	Р	П.4, *з*
12	СПЛ-2М	Освещение рабочей зоны на машинах и агрегатах	12	А12-21	21	1	IP54	Р	—
13	ПЛТМ	Освещение при осмотре и ремонте машин	28*	А24-21	20	1	IP20	Р	—
14	ПР-60В	Временное освещение рабочей зоны во взрывоопасных помещениях	12 24	СМ13-15 СМ26-15	10	1	2Ex*d*IIIT3	Р	—

Продолжение табл. 12.5

№ п/п	Наименование серии (типа)	Область применения	Напряжение сети, В	Источник света			Степень защиты по табл. 5.8	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Номер рисунка
				Тип	Мощность, Вт	Количество			
15	РВО42	Временное освещение рабочей зоны в производственных помещениях	36	МО36-60	60	1	IP20	Р	—
16	БП-62-ВМ	Временное освещение рабочей зоны во взрывоопасных помещениях	24	СМ26-15	15	1	2ExdIIT3	Р	—
17	ВРН-6	Временное освещение рабочей зоны во взрывоопасных помещениях	12	МО12-40	40	1	2ExdIIT4	Р	П.4, и
18	НКП02	Освещение рабочей зоны на промышленных машинах	24	А24-21-2	28	1	IP20	Н	П.4, в

* Светильники на непромышленное напряжение.

Допускается уменьшение рекомендуемых отношений l/h, если это обусловлено конструкцией перекрытия, а также в случаях, когда это необходимо для обеспечения нормируемых значений показателя ослепленности и коэффициента пульсации или когда при наименьшем рекомендуемом значении l/h и наименьшей возможной мощности ИС не обеспечивается нормируемая освещенность.

Если тип КСС светильников неизвестен, среднее рекомендуемое отношение l/h можно приближенно определить по формуле

$$l/h = 0{,}8\Phi_{\cup}/I_0, \qquad (12.1)$$

где $\Phi_{\cup}$ — световой поток ОП в нижнюю полусферу (для СП с ЛЛ условно рассчитывается по поперечной КСС); I_0 — осевая сила света ОП.

При необходимости создания освещенности в горизонтальной плоскости наиболее целесообразны ОП прямого света класса П по ГОСТ 13828-74 [51], в помещениях со светлыми потолком и стенами — преимущественно прямого света класса Н (см. разд. 5). Чем выше помещение и больше нормируемая освещенность, тем более концентрированными КСС должны обладать ОП. Для очень высоких помещений наиболее выгодны ОП с кривой типа К и по мере уменьшения высоты — с кривыми типов Г и Д.

В помещениях, где рабочие поверхности находятся в произвольно расположенных вертикальных плоскостях, целесообразны ОП рассеянного света класса Р с полуширокой кривой типа Л или равномерной типа М. Если вертикальные рабочие поверхности находятся по одну сторону от ряда СП (например, сборочные конвейеры автомобильных заводов), то применяют ОП одностороннего светораспределения или наклонно устанавливают СП с кривыми типа Г или Д.

Если необходимо создание освещенностей от общего освещения как в горизонтальной, так и в произвольно ориентированных наклонных и вертикальных плоскостях, то стремятся к возможному сближению уровней освещенности в разных плоскостях. При выборе ОП в таких случаях нужно учитывать, что отношение вертикальной освещенности к горизонтальной минимально для ОП с КСС типа К и увеличивается для ОП с КСС типов М и Л.

Выбор светильников по конструктивному исполнению. Возможности применения ОП в конкретных эксплуатационных условиях определяются климатическим исполнением и категорией размещения ОП по ГОСТ 15150-69 [12.2].

Конструктивное исполнение ОП должно обеспечивать также пожарную безопасность, взрывобезопасность при установке во взрывоопасных помещениях и наружных взрывоопасных зонах, электробезопасность, надежность, долговечность, стабильность характеристик в данных условиях среды, удобство обслуживания, включая смену ИС. Степени защиты ОП от воздействий окружающей среды принимаются по ГОСТ 13828-74 [51] и ГОСТ 14254-69 [50], а для взрыво- и пожароопасных помещений и зон, кроме того, в соответствии с ПУЭ [57] (см. разд. 5). Рекомендации по выбору ОП по степени защиты от условий среды для непожаро- и невзрывоопасных помещений и установок приведены в табл. 10.3, допустимые исполнения и степени защиты ОП для пожаро- и взрывоопасных зон указаны в § 12.2. Наиболее массовые и характерные серии и типы светильников с разными ИС и основные сведения о них указаны в табл. 12.3—12.5. Более подробные данные об ОП содержатся в каталогах и информационных материалах.

Размещение светильников. При размещении ОП в производственных помещениях необходимо учитывать следующие основные условия: создание нормируемой освещенности наиболее экономичным путем; соблюдение требований к качеству освещения (равномерность, направление света, ограничение теней, пульсации освещенности, а также прямой и отраженной блескости); безопасный и удобный доступ для обслуживания; наименьшую протяженность и удобство монтажа групповой сети; надежность крепления ОП. При выборе места и способа установки СП необходимо считаться со строительными особенностями помещений, их высотой, наличием кранового и транспортного оборудования. Во многих помещениях производственных зданий имеются мостовые краны, затеняющие установленные выше них ОП общего освещения, что снижает освещенность в зоне размещения крана. В этом случае под мостом крана необходимо устанавливать ОП подкранового освещения, питаемые от силовой сети крана.

Промышленные ОУ питаются от трансформаторов, на шинах которых поддерживаются постоянные уровни напряжения, требуемые для источников света (см. § 10.3). Для аварийного и эвакуационного освещения должна обеспечиваться требуемая ПУЭ степень надежности и бесперебойности электроснабжения. Электрооборудование, применяемое в ОУ, и осветительные сети должны соответствовать условиям окружающей среды, обеспечивать взрыво-, пожаро- и электробезопасность, иметь в необходимых случаях защиту от механических повреждений. Система управления освещением должна быть удобной для эксплуатации (см. § 10.3).

В производственных помещениях с недостаточным по нормам естественным освещением или без него в необходимых случаях предусматривают установки ультрафиолетового эритемного облучения длительного или кратковременного действия (см. § 10.2).

12.2. ОСОБЕННОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ ВЗРЫВО- И ПОЖАРООПАСНЫХ ЗОН

В гл. VII-3 и VII-4 ПУЭ [57] указано, что к взрыво- и пожароопасным зонам могут относиться помещения в целом или отдельные ограниченные пространства в помещениях или на территориях предприятий, в которых условия среды вызывают опасность взрыва или возникновения пожара. Выявление и классификация взрыво- и пожароопасных зон возложены на технологов и электриков проектирующих или эксплуатирующих организаций. Для этого необходимо знать основные характеристики горючих веществ, применяемых в данном производстве, свойства взрыво- и пожароопасных сред и особенности производственных процессов.

Взрывоопасность среды обусловливается возможностью образования в ней газо-паро-пылевоздушных смесей, приобретающих при определенных условиях способность взрываться от искр, электрических дуг, открытого пламени или нагрева.

Свойства взрывоопасности приобретают смеси с воздухом:

а) любых горючих газов и паров горючих легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) при соответствующих концентрациях, измеряемых в объемных процентах или граммах на 1 м³ свободного объема помещений;

б) горючих пылей или волокон во взвешенном состоянии (аэровзвеси) с нижним концентрационным пределом воспламенения, не превышающим 65 г/м³.

К легковоспламеняющимся относятся горючие жидкости, температура вспышки паров которых 61 °С и ниже, а давление паров при 20 °С менее 10 кПа. Горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С относятся к пожароопасным, но нагретые до температуры вспышки паров и выше — к взрывоопасным. Горючие газы относятся к взрывоопасным при любых температурах окружающей среды. В зависимости от физико-химических свойств взрывоопасность газо-паровоздушных смесей находится в промежутках между значениями их наименьших и наибольших концентраций. При концентрациях ниже или выше указанных пограничных значений, называемых соответственно нижним или верхним концентрационным пределом воспламенения, взрыва не происходит.

Характерными показателями взрыво- и пожароопасности паровоздушных смесей горючих жидкостей являются их температура вспышки и температура самовоспламенения. Важное значение для правильной оценки взрывоопасности среды, особенно для ОУ, имеет плотность по отношению к воздуху выделяющихся в помещениях горючих газов и паров ЛВЖ. Относительная плотность указанных веществ по воздуху, применяемых в разных производствах, колеблется от долей единицы до нескольких единиц.

При нарушениях технологических процессов или работы вентиляции плотность горючих газов и паров определяет их способность распространения в верхних или нижних зонах помещений. Так, в окрасочных цехах, где плотности паров растворителей значительно превышают плотность воздуха, наиболее опасной является нижняя зона помещений, а в помещениях зарядки аккумуляторов, где выделяется водород, наиболее опасна верхняя зона помещения.

Плотность горючих газов характеризуется следующими признаками:

а) тяжелый газ при температуре окружающей среды 20 °С и давлении 100 кПа имеет плотность по отношению к воздуху более 0,8;

б) легкий газ при тех же условиях имеет относительную плотность, равную или меньшую 0,8;

в) сжиженный газ при температуре окружающей среды ниже 20 °С и давлении выше 100 кПа, а также при совместном действии обоих этих условий превращается в жидкость.

Пожароопасность среды обусловливается применением или хранением определенных горючих веществ, находящихся в помещениях и на открытых пространствах при нормальном технологическом процессе или при его возможных нарушениях. К указанным веществам относятся:

а) горючие жидкости с температурой вспышки паров более 61 °С;

б) горючие пыли или волокна, содержание которых в воздухе по производственным условиям не достигает взрывоопасных значений;

в) горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ при нахождении их в воздухе во взвешенном состоянии.

Оценку свойств горючих веществ, характеризующих их взрыво- и пожароопасность (температуры вспышки, нижние концентрационные пределы воспламенения, молекулярные массы и др.), следует принимать по ГОСТ 12.1.004-76 [12, 3] и на основании результатов исследований испытательных организаций по взрывозащитному оборудованию (ВНИИВЭ, ВОСТНИИ).

Классификация взрывоопасных смесей. Конструкции ОП, групповых щитков, аппаратов, ЭУ, предназначенных для применения во взрывоопасных средах, должны соответствовать классификации взрывоопасных смесей, установленных ГОСТ 12.1.001-78 [12, 5]. В основу классификации положены два признака:

а) размер безопасного экспериментального зазора (БЭМЗ), через который не происходит передача взрыва из оболочки электрооборудования в окружающую среду;

б) температура самовоспламенения смесей.

Исходя из них, взрывоопасные газо-паровоздушные смеси разделены на категории и группы. По первому признаку установлены категории смесей в зависимости от условий передачи взрывов через зазоры в оборудовании (табл. 12.6).

По второму признаку установлено шесть групп смесей (табл. 12.7). Поскольку часть электротехнических изделий и ОП еще выпускается по классификациям утвержденных в 1963 г. «Правил изготовления взрывозащищенного электрооборудования» (ПИВЭ) и утвержденных в 1969 г. «Правил изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования» (ПИВРЭ) [53], при необходимости приведения категорий и групп взрывоопасных смесей по ПИВЭ и ПИВРЭ в соответствие категориям и группам по ГОСТ 12.1.011-78, следует руководствоваться таблицами приложения 1 к гл. VII-3 ПУЭ-76. Так, например, для взрывоопасной смеси паров бензола по ПИВЭ и ПИВРЭ установлена категория 2 и по ГОСТ 12.1.011.78—IIA, а группа смеси—по ПИВЭ—А, по ПИВРЭ — Т1 и по ГОСТ 12.1.011.78 — Т1. Общее обозначение категорий и групп смесей по указанным трем классификациям будет соответственно: 2А, 2Т1, IIАТ1.

Взрывозащищенное электрооборудование в зависимости от области применения подразделяется ГОСТ 12.2.020-76 [12.6] на две группы: группа I — рудничное взрывозащищенное электрооборудование, предназначенное для подземных выработок, шахт и рудников, опасных по газу или пыли; группа II — взрывозащищенное электрооборудование для внутренней и наружной установки, кроме рудничного взрывозащищенного. Осве-

Таблица 12.6. **Категории взрывоопасных газо-паровоздушных смесей**

Категория смеси	Наименование смеси	БЭМЗ, мм
I	Рудничный метан	Более 1,0
II	Промышленные газы и пары	—
IIA	То же	Более 0,9
IIБ	» »	Более 0,5 до 0,9
IIC	» »	До 0,5

Таблица 12.7. **Группы взрывоопасных газо-паровоздушных смесей**

Группы	Температура самовоспламенения смеси, °С
T1	Выше 450
T2	» 300 до 450
T3	» 200 до 300
T4	» 135 до 200
T5	» 100 до 135
T6	» 85 до 100

тительное электрооборудование этой группы по уровню взрывозащиты разделяется на электрооборудование повышенной надежности против взрыва и взрывобезопасное с видами взрывозащиты: взрывонепроницаемая оболочка, искробезопасная электрическая цепь, защита вида «е» и специальные виды взрывозащиты. При этом электрооборудование, имеющее взрывонепроницаемую оболочку или искробезопасную электрическую цепь, в зависимости от температурного класса подразделяется на подгруппы IIA, IIB и IIC. Классификация электрооборудования по подгруппам устанавливается стандартами на конкретные виды взрывозащиты электрооборудования. Установленные для взрывозащищенного электрооборудования группы II температурные классы, виды взрывозащиты и маркировки отличаются от предусмотренных ПИВЭ и ПИВРЭ. Практическое же использование при проектировании положений, установленных ГОСТ 12.2.020-76, возможно только на основании инструктивно-нормативных материалов, а также технической информации изготовителей новых взрывозащищенных изделий, разработанных в соответствии с указанным стандартом.

Подробные сведения по классификации и маркировке взрывозащищенного электрооборудования приведены в главе VII-3 ПУЭ-76.

Классификация взрыво- и пожароопасных зон. В ПУЭ установлены следующие разновидности взрывоопасных зон:

а) зоны в помещениях, занимающие весь их объем;

б) зоны в помещениях, занимающие ограниченные участки общего объема;

в) зоны, занимающие ограниченные пространства на открытых территориях.

К взрывоопасным зонам, занимающим весь объем помещений, условно относятся помещения, в которых возможно образование взрывоопасных смесей в объеме, превышающем 5 % их свободного объема. В тех случаях, когда возможный объем взрывоопасной смеси в помещении равен 5 % его свободного объема или меньше его, к взрывоопасным зонам условно относятся пространства, находящиеся на расстоянии 5 м по горизонтали и вертикали от мест возможного выделения горючих газов или паров ЛВЖ. Помещения за пределами этих зон следует считать невзрывоопасными, если отсутствуют другие факторы, создающие в них опасность взрывов. К взрывоопасным зонам на открытых территориях условно относятся пространства, находящиеся на определенных расстояниях от соответствующих взрывоопасных установок. Классификацией ПУЭ регламентированы следующие классы взрывоопасных зон.

К классу B-I относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие газы или пары ЛВЖ в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они могут образовать с воздухом (во всем объеме) взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы (например, при загрузке или разгрузке технологических аппаратов, хранении или переливании ЛВЖ, хранящихся в открытых сосудах, и т. д.).

К классу B-Ia относятся зоны, расположенные в помещениях, где в отличие от зон класса B-I образование взрывоопасных смесей горючих газов или паров ЛВЖ с воздухом при нормальной эксплуатации не имеет места, а возможно только в результате аварий или неисправностей.

Класс взрывоопасности зон, содержащих легкие несжиженные горючие газы или ЛВЖ, при наличии признаков для их отнесения к классу B-I допускается снижать до класса B-Ia при одном из следующих условий:

а) устройстве системы вентиляции, основанной на обеспечении при аварийных условиях необходимой кратности воздухообмена и достаточной равномерности действия вентиляции по всему объему помещения;

б) устройстве автоматической сигнализации, действующей при возникновении в любом месте помещения концентрации горючих газов или паров ЛВЖ, не превышающей 20 % нижнего концентрационного предела воспламенения, а для вредных взрывоопасных газов — также при приближении их концентраций к предельно допустимым значениям по нормам [12.4] и ГОСТ 12.1.005-76 [12.8].

К классу B-Iб относятся зоны, расположенные в помещениях с признаками, аналогичными зонам класса B-Ia, но отличающиеся от них одной из следующих особенностей:

а) горючие газы обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15 % и более) и резким запахом при предельно допустимых по санитарным нормам концентрациях (например, машинные залы аммиачных компрессорных станций);

б) помещения производств, связанных с обращением газообразного водорода, в которых исключается образование в аварийных случаях взрывоопасных смесей, превышающих 5 % свободного объема помещений, имеют взрывоопасную зону только в верхней части помещений. Эти зоны условно принимаются от отметки 0,75 общей высоты помещения, считая от уровня пола, но не выше кранового пути, если таковой имеется (например, помещения электролиза воды, зарядных станций тяговых и статорных аккумуляторных батарей);

в) зоны лабораторных и других помещений, в которых горючие газы и ЛВЖ при нормальных режимах имеются в небольших количествах, недостаточных для создания в аварийных режимах взрывоопасных смесей, которые превышают 5 % свободного объема помещений, и работа с ними производится без применения открытого пламени.

Эти зоны относятся к невзрывоопасным, если работа в них производится в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

Классификация взрывоопасности зон при расположении окрасочных и сушильных камер в общих технологических потоках приведена в § 12.3.

Взрывоопасные зоны класса B-Iг на открытых территориях определяют на следующих расстояниях по

горизонтали и вертикали от взрывоопасных наружных установок:

а) 0,5 м от проемов за наружными ограждающими конструкциями помещений с взрывоопасными зонами классов В-I, В-Iа, В-II;

б) 3 м от закрытых технологических аппаратов, содержащих горючие газы или ЛВЖ, и от вытяжных вентиляторов, установленных снаружи и обслуживающих помещения с взрывоопасными зонами всех классов;

в) 5 м от устройств для выброса из дыхательных и предохранительных клапанов емкостей и технологических аппаратов, содержащих горючие газы и ЛВЖ; от расположенных на ограждающих конструкциях зданий устройств для выброса воздуха из систем вытяжной вентиляции помещений с взрывоопасными зонами любого класса;

г) 8 м от резервуаров с ЛВЖ или горючими газами (газгольдеров), а при наличии обвалования — в пределах всей площади внутри обвалования;

д) 20 м от мест открытого слива и налива для эстакад с открытым сливом и наливом ЛВЖ.

Эстакады с закрытыми сливно-наливными устройствами, эстакады с трубопроводами для горючих газов и ЛВЖ не относятся к взрывоопасным за исключением зон на расстоянии до 3 м по горизонтали и вертикали от запорной арматуры и фланцевых соединений трубопроводов, в пределах которых электрооборудование должно быть взрывозащищенным для соответствующих категорий и групп взрывоопасной смеси.

В порядке исключения к зонам класса В-Iг не относятся наружные аммиачные компрессорные установки, к взрывозащите которых предъявляются такие же требования, как и к подобным установкам, расположенным внутри помещений.

К классу В-II относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна в таком количестве и обладающие такими свойствами, что они способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при нормальных недлительных режимах работы (например, при загрузке и выгрузке технологических аппаратов).

К классу В-IIа относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых опасные состояния, указанные выше для зоны В-II, не имеют места при нормальной эксплуатации, а возможны только в результате аварий или неисправностей.

Пожароопасными зонами называются пространства, в пределах которых постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в которых они могут находиться как при нормальных технологических процессах, так и при их возможных нарушениях.

В ПУЭ регламентированы следующие классы пожароопасных зон. К классу П-I относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С.

К классу П-II относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха.

К классу П-IIа относятся зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и т. п.).

К зонам класса П-III относятся наружные установки, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 61 °С или твердые горючие вещества (например, открытые склады или навесы для угля, торфа, дерева и т. п.).

При размещении в помещениях или на открытых территориях единичного пожароопасного оборудования и отсутствии при этом специально предусмотренных мер против распространения пожара зоны на расстоянии до 3 м по горизонтали и вертикали от этого оборудования считаются пожароопасными.

Таблица 12.8. **Классификация помещений, смежных с помещениями, имеющими взрывоопасные зоны**

Класс взрывоопасной зоны	Класс зоны помещения, смежного с помещением со взрывоопасной зоной или отделенного от него	
	стеной или перегородкой с дверью	стеной или перегородкой без проемов или с проемами, оборудованными тамбур-шлюзами
В-I	В-Iа	Невзрывоопасное и непожароопасное
В-Iа	В-Iб	То же
В-Iб	Невзрывоопасное и непожароопасное	
В-II	В-IIа	Невзрывоопасное и непожароопасное
В-IIа	Невзрывоопасное и непожароопасное	

При оценке взрыво- и пожароопасности зон следует учитывать, что зоны в помещениях или снаружи на расстоянии до 5 м по горизонтали и вертикали от оборудования, в котором постоянно или периодически обращаются горючие вещества или могут образоваться взрывоопасные смеси, в части устройства ОУ не относятся к взрывоопасным и пожароопасным в следующих случаях:

а) при технологических процессах, связанных с применением открытого огня или раскаленных предметов;

б) при нагреве поверхностей технологического оборудования до температур, превышающих температуры самовоспламенения горючих газов, паров ЛВЖ, горючих пылей или волокон.

Класс помещений или наружных установок за пределами указанных 5-метровых зон определяется в зависимости от производственных условий.

Зоны в помещениях и на открытых территориях, в которых горючие вещества сжигаются в качестве топлива или утилизируются путем сжигания, в части устройства ОУ не относятся к взрыво- и пожароопасным.

Класс взрывоопасности производственных помещений, которые хотя и не содержат технологических аппаратов и материалов, представляющих опасность в отношении пожара и взрыва, но являются смежными с помещениями с взрывоопасными зонами и отделены от них стеной с дверью, тамбуром или коридором с дверями, определяется в соответствии с табл. 12.8.

Для установления классов взрыво- и пожароопасных зон в проектных организациях применяются отраслевые перечни помещений и наружных установок, в которых этим помещениям и наружным установкам присвоены категории производств и классы взрыво- и пожароопасности по ПУЭ (1966). Использовать эти перечни можно только после проверки их соответствия требованиям ПУЭ [45]. При отсутствии нормативных или справочных материалов определение классов взрыво- и пожароопасности зон следует производить расчетным путем или на основании достоверных сведений. В первую очередь должны использоваться директивные документы, а также ведомственные методические пособия, утвержденные в установленном порядке. Согласно [12.9] расчеты и обоснования, подтверждающие принятую классификацию взрыво- и пожароопасных зон, должны прорабатываться в технологической части проектов. Необходимо отметить, что установленные нормами [12.7] категории производств по пожарной опасности (А, Б, В, Г, Д, Е) служат только для определения

Таблица 12.9. **Допустимые уровни взрывозащиты или степени защиты светильников от воздействия окружающей среды для взрывоопасных зон**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты светильников
	Стационарные светильники
В-I	Взрывобезопасные
В-Ia, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-Iб	Без средств взрывозащиты Степень защиты IP5X
В-II	Повышенной надежности против взрыва*
В-IIa	Без средств взрывозащиты* Степень защиты У5Х
	Переносные светильники
В-I, В-Ia	Взрывобезопасные
В-Iб, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва
В-II	Взрывобезопасные*
В-IIa	Повышенной надежности против взрыва*

* Выбор светильников производить с учетом п. VII-3-63 ПУЭ-76.

Таблица 12.10. **Допустимые степени защиты оболочек светильников для пожароопасных зон**

Источник света	Степень защиты светильников для пожароопасной зоны			
	П-I и П-II	П-IIа, а также П-II при наличии общеобменной вентиляции и местных нижних отсосов отходов	П-IIа в складских помещениях с ценными материалами, горючими или в горючей упаковке	П-III
ЛН	IP5X	2′X[1]	2′X[1]	2′3
ДРЛ и МГЛ	IP5X	IP2X[2]	IP2X[2]	IP23[2]
ЛЛ	5′X	IP2X[3]	IP2X[3,4]	IP22[3]

[1] При наличии сплошного колпака из силикатного стекла.
[2] При наличии металлической сетки или иного приспособления, препятствующего выпадению лампы.
[3] При выполнении ввода в светильник проводниками с негорючей оболочкой или в стальной трубе.
[4] Применение светильников с отражателями и рассеивателями из горючих материалов запрещено.

объемно-планировочных решений зданий и сооружений и выбора строительных конструкций по степени огнестойкости. Несовместимость указанных категорий производств с классами взрыво- и пожароопасности по ПУЭ подтверждена в [12.9].

Светильники для взрыво- и пожароопасных зон. Во взрывоопасных и пожароопасных зонах могут применяться ОП, соответствующие минимальным уровням и видам взрывозащиты или степени защиты их оболочек от воздействия окружающей среды, приведенным в табл. 12.9 и 12.10.

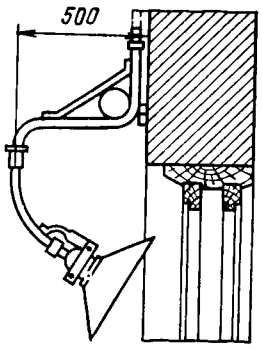


Рис. 12.1. Освещение помещения через окно светильником, установленным на кронштейне.

В помещениях со взрывоопасными зонами всех классов со средой, для которой отсутствуют ОП необходимого уровня и вида взрывозащиты, допускается выполнять освещение ОП общего назначения (без средств взрывозащиты) одним из следующих способов:

а) через неоткрывающиеся окна без фрамуг и форточек снаружи здания (рис. 12.1);

б) через специально устроенные в стенах вентилируемые остекленные ниши (рис. 12.2);

в) через вентилируемые остекленные фонари специальной конструкции (рис. 12.3);

г) в коробах, продуваемых под избыточным давлением воздуха;

д) с помощью осветительных устройств со щелевыми световодами (см. § 12.5).

В табл. 12.9 и 12.10 знак X в степенях защиты (например, IP5X) указывает, что степень защиты ОП от проникновения воды определяется в зависимости от условий среды, в которой устанавливается ОП.

Наиболее распространенные ОП, пригодные для взрыво- и пожароопасных зон, указаны в табл. 12.3—12.5.

Переносные ОП во взрыво- и пожароопасных зонах применяются очень редко, только в тех случаях, когда отказ от них вызывает существенные затруднения в эксплуатации. Промышленность изготовляет всего лишь несколько типов взрывозащищенных переносных ОП.

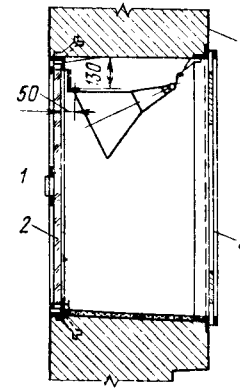


Рис. 12.2. Установка светильника в стенной нише.
1 — взрывоопасное помещение; *2* — иллюминатор; *3* — двухстворчатая дверца с жалюзи; *4* — наружная стена.

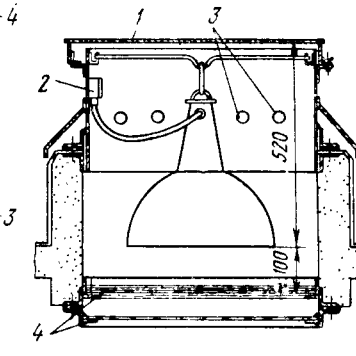


Рис. 12.3. Установка светильника в потолочном фонаре.
1 — откидная крышка; *2* — ответвительная коробка; *3* — отверстия для вентиляции, *4* — стекло.

Особенности электротехнической части осветительных установок. При проектировании ОУ во взрыво- и пожароопасных зонах наряду с выполнением требований ПУЭ следует руководствоваться инструкциями по монтажу электрооборудования и сетей в указанных зонах [12.10] и [12.11].

В проектной документации ОУ кроме сведений, указанных в § 10.1, должны быть приведены:

а) классы взрыво- и пожароопасных зон;

б) категории и группы взрывоопасных смесей и наименования горючих газов и паров ЛВЖ, которые могут образоваться в зонах классов В-I, В-Ia и В-Iг;

в) места установки разделительных уплотнений в трубных электропроводках;

г) указания о выполнении защитных против коррозии покрытий электрооборудования, установочных конструкций и сетевых устройств при наличии химически активных сред;

д) указания по устройству проходов кабелей или трубопроводов через стены и перекрытия.

Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа провода и кабели следует применять с медными жилами, в остальных классах взрывоопасных и всех классах пожароопасных зон — с алюминиевыми.

Во взрыво- и пожароопасных зонах всех классов разрешено применение проводов с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией, кабелей — с поливинилхлоридной, резиновой и бумажной изоляцией в поливинилхлоридной, резиновой и металлической оболочках. Применение проводов и кабелей с полиэтиленовой изоляцией или оболочкой не допускается. Во взрывоопасных зонах классов В-I и В-Iа применение кабелей с алюминиевыми оболочками запрещено. Бронированные кабели во всех случаях не должны иметь легкосгораемого наружного джутового покрова.

Применение шинопроводов во взрывоопасных зонах всех классов запрещено.

В пожароопасных зонах всех классов допускаются все виды прокладок кабелей и проводов за исключением прокладки незащищенных изолированных проводов по конструкциям из горючих материалов. При открытой прокладке кабелей и изолированных проводов по конструкциям, на изоляторах, лотках, тросах и т. п. провода и кабели должны быть удалены не менее чем на 1 м от мест размещения горючих материалов.

Применение осветительных шинопроводов серии ШОС допускается в пожароопасных зонах класса П-IIа за исключением складских помещений, архивов, музеев, картинных галерей, библиотек и других хранилищ государственного значения; допускается также установка распределительных шинопроводов серии ШРА, нашедших распространение в качестве питающих осветительных линий в крупных производственных помещениях. Некоторые дополнительные указания о выполнении электропроводов во взрыво- и пожароопасных зонах приведены в [12.10] и [12.11].

Применяемые во взрыво- и пожароопасных зонах щитки, аппараты, ЭУ по уровню и видам их взрывозащиты и степени защиты от воздействия окружающей среды должны удовлетворять условиям, приведенным в табл. 12.11 и 12.12.

Указанные в табл. 12.11 и 12.12 степени защиты оболочек щитков и электрических аппаратов от проникновения воды (вторая цифра в обозначении) допускается уточнять в зависимости от условий среды в месте их установки.

Групповые и магистральные щитки и аппараты рекомендуется выносить из взрыво- и пожароопасных зон, если это не вызывает существенного удорожания ОУ и расхода цветных металлов или обусловлено конкретными условиями.

При выборе групповых щитков для присоединения к ним однофазных групп, питающих ОП, во взрывоопасных зонах класса В-I, следует учитывать необходимость защиты в цепи фазного и нулевого проводов.

Установка электрических соединителей во взрывоопасных зонах В-I и В-II запрещена. Во взрывоопасных зонах остальных классов и пожароопасных зонах всех классов допускается применение электрических соединителей со степенью защиты 1Р54 при условии, что разрыв электрической цепи происходит внутри закрытых соединителей.

В трубных проводках осветительных сетей взрыво- и пожароопасных зон применяют коробки, предназначенные для протяжки и соединения проводов и кабелей (протяжные коробки); соединения и ответвления проводов от линий питающей и групповой сети (ответвительные коробки); размещения разделительных уплотнений в помещениях классов В-I и В-Iа, предотвращающих переход по трубопроводу взрывоопасной смеси из одного помещения в другое (разделительные коробки). Пример размещения разделительных уплотнений дан на рис. 12.4.

Во взрывоопасных зонах класса В-I применяют коробки во взрывонепроницаемом исполнении для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей, в зонах класса В-II — во взрывонепроницаемом исполнении для любых категорий и групп взрывоопасных

Таблица 12.11. **Допустимые уровни взрывозащиты или степени защиты оболочек щитков и аппаратов от воздействия окружающей среды для взрывоопасных зон**

Класс взрывоопасной зоны	Уровень взрывозащиты или степень защиты оболочки от воздействия окружающей среды
В-I	Взрывобезопасное
В-Iа, В-Iг	Повышенной надежности против взрыва — для щитков и аппаратов, искрящих или подверженных нагреву выше 80 °С
	Без средств взрывозащиты — для щитков и аппаратов, не искрящих и не подверженных нагреву выше 80 °С
	Оболочка со степенью защиты не менее 1Р54
В-Iб	Без средств взрывозащиты
	Оболочка со степенью защиты не менее 1Р44
В-II	Взрывобезопасное*
В-IIа	Без средств взрывозащиты*

* Выбор щитков и аппаратов производится с учетом п. VII-3-63 ПУЭ-76.

Таблица 12.12. **Минимальная степень защиты электрических аппаратов для пожароопасных зон**

Условия работы	Степень защиты оболочки для зоны класса			
	П-I	П-II	П-IIа	П-III
При искрящих по условиям работы аппаратах	1Р44	1Р54	1Р44	1Р44
При неискрящих по условиям работы аппаратах	1Р44	1Р44	1Р44	1Р44
Шкаф для размещения аппаратуры	1Р44	1Р54*	1Р44	1Р44
Коробки контактных зажимов	1Р44	1Р44	1Р44	1Р44

* При установке аппаратов и приборов, искрящих по условиям работы, до освоения щитков со степенью защиты 1Р54 могут применяться щитки со степенью защиты 1Р44.

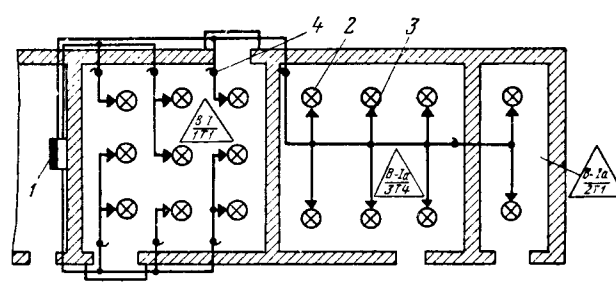


Рис. 12.4. Размещение разделительных уплотнений при трубных проводках.

1 — щиток групповой; *2* — взрывозащищенный светильник; *3* — уплотнение ввода в светильник; *4* — разделительное уплотнение на трубопроводе.

смесей, в зонах классов В-Iа и В-Iг — в любом взрывозащищенном исполнении для соответствующих категорий и групп взрывоопасных смесей или общего назначения со степенью защиты IP65, в зонах класса В-IIа — в любом взрывозащищенном исполнении или общего назначения со степенью защиты IP54. Во взрывоопасных помещениях класса В-Iб и пожароопасных помещениях всех классов применяют коробки общего назначения со степенью защиты IP54.

В осветительных сетях взрыво- и пожароопасных зон защитной мерой от поражения электрическим током при замыканиях фазных проводов на корпус является зануление, необходимое в ОУ взрывоопасных зон всех классов при всех напряжениях, в пожароопасных зонах — при напряжениях свыше 42 В. Область применения зануления в ОУ пожароопасных зон та же, что для непожароопасных помещений и наружных электроустановок (см. гл. I-7 ПУЭ).

Во всех взрыво- и пожароопасных зонах для зануления используют рабочие нулевые провода. Исключением являются однофазные групповые линии, прокладываемые во взрывоопасных зонах всех классов, кроме класса В-I, в которых на участке от ОП до ближайшей ответвительной коробки должен прокладываться специальный третий проводник, присоединяемый к нулевому проводу в ответвительной коробке. В зонах класса В-I для зануления должны прокладываться специальные проводники от ОП до ближайших групповых щитков.

Для автоматического отключения аварийного участка нулевые защитные проводники во взрывоопасных зонах должны быть выбраны таким образом, чтобы при замыкании фазного провода на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток короткого замыкания, превышающий не менее чем: а) в 4 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя; б) в 6 раз номинальный ток расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику.

12.3. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ОСНОВНЫХ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

12.3.1. ЛИТЕЙНЫЕ ЗАВОДЫ И ЦЕХА

Литейные заводы и цеха имеют самостоятельные отделения и участки, характеризующиеся различной точностью зрительных работ. Их искусственное освещение должно выполняться на основе норм СНиП [44], и отраслевых норм [12.12, 12.13].

В цехах и отделениях применяется в основном система общего освещения. Исключение составляют помещения для изготовления форм и стержней, обдирки заусенцев на стационарных металлообрабатывающих станках, исправления дефектов отливок и грунтовки, отделы технического контроля крупного, среднего и мелкого литья, участки ремонта модельно-опочной оснастки, электрощитовых и пультовых помещений, в которых следует отдавать предпочтение системе комбинированного освещения.

Основные производственные отделения и участки литейных цехов располагаются в высоких (более 8 м от пола) одно- или двухэтажных зданиях, оборудованных мостовыми кранами или тельферами (табл. 12.13). Вследствие этого для общего освещения следует использовать в основном ИС с большой единичной мощностью — лампы ДРЛ и МГЛ. Перспективными для освещения литейных производств являются НЛВД. Люминесцентные лампы типов ЛБ и ЛХБ целесообразно применять лишь для общего освещения участков подготовки производства и ремонта модельно-опочной оснастки, электрощитовых и пультовых помещений, цеховых лабораторий, а также для местного освещения участков изготовления форм и стержней для отливок всех классов точности, участков контроля крупного, среднего и мелкого литья и рабочих мест ремонта модельно-опочной оснастки.

Таблица 12.13. **Характерные строительные параметры основных отделений литейных цехов и заводов, условия среды, рекомендуемые ИС и ОП общего освещения**

Основные отделения	Строительный модуль, м	Высота, м	Условия среды (концентрация пыли по [44])	Источник света	Коэффициент запаса	Светильники общего освещения				
						Светораспределение по рис. 5.7	Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Характерные типы светильников
Шихтовый двор и склад формовочных материалов	6×18, 6×24	12—18	1—5 мг/м³	ДРЛ, МГЛ, НЛВД	1,8	Г-3, Г-4, К-1, К-2	IA	3	5′3	СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ, РСП05, РСП14, ЖСП01
Стержневое, формовочное и плавильно-заливочное отделения, отделение первичной обработки литья	6×9	8—10	1—5 мг/м³	ДРЛ, МГЛ, НЛВД	1,8	Г-3, Г-4, К-1, К-2	IA	4	5′3	РСП08, РСП10, РСП13
	6×12	8—12			1,8	Г-3, Г-4, К-1, К-2	IA	5	5′3	УПДДРЛ
	6×18	8—18			1,6	Г-3, Г-4	IVA	7	IP53	РСП10, РСП12, ГСП10, ЖСП01
	6×24, 6×30	8—20								
Смесеподготовительное и смесеприготовительное отделения	6×9	8—10	5 мг/м³	ДРЛ, МГЛ, НЛВД	2,0	Г-3, Г-4, К-1, К-2	IA	3, 4, 5	5′3	СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ, РСП05, РСП14, ЖСП01, РСП08, РСП10, РСП13, УПДДРЛ
	6×12	8—12								
Отделения выбивки, обрубки, очистки литья	6×18	8—18			1,8	Г-3, Г-4	IVA	7	IP53	РСП10, РСП12, ГСП10, ЖСП01, ЖСП20
	6×24, 6×30	8—20								
Отделение вторичной обработки литья	6×9	8—10	1 мг/м³	ДРЛ, МГЛ	1,5	Г-3, Г-4, К-1, К-2	IA	3, 4, 5	5′3	СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ, РСП05, РСП14, ЖСП01, РСП08, РСП10, РСП13, УПДДРЛ
	6×12	8—12								
	6×18	8—18								
	6×24, 6×30	8—20								

Таблица 12.14. **Нормы освещенности и качественные показатели освещения отделений литейных заводов и цехов при освещении ГЛ**[1]

Отделение, участок, рабочая операция	Рабочая поверхность	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность при системе общего освещения, лк	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации освещенности[2], %, не более
Шихтовый двор и склад формовочных материалов					
Погрузка и разгрузка материалов:					
механизированная	Пол	VI	150	60	20
немеханизированная	»	VIIIб	50	—	—
Скраповыделочные участки	»	VIIIа	50	60	20
Участок взвешивания грузов	Шкала весов	IVб	200	40	20
Смесеподготовительное отделение					
Установки для сушки и просева песка, глиномялки, шаровые мельницы и пр.	0,8 м от пола	VI	150	60	30
Участок приготовления крепителей	То же	IVб	200	40	20
Участок помола угля и его хранения	» »	VI	150	60	30
Смесеприготовительное отделение					
Бегуны	0,8 м от пола	VI+1[2]	200	60	20
Дезинтеграторы, сита и пр.	То же	VI	150	60	20
Транспортеры:					
для подачи и распределения смеси	Транспортер	VIIIа	75	60	20
для подачи использованной смеси (в туннелях)	»	VIIIб	50	—	—
Участок приготовления глиняной суспензии и литейной краски	0,8 м от пола	IVб	200	40	20
Стержневое и формовочное отделения					
Изготовление форм и стержней II и III классов точности[3]	То же	IIIб	300	40	20/15
Изготовление форм и стержней I класса точности (по выплавляемым моделям, в металлические формы в оболочковые формы)[4]	» »	IIб	750	20	20/10
Заливка форм жидким металлом	» »	IIIв	300	40	20
Плавильно-заливочное отделение					
Загрузка вагранок, заливка металла в ковши, пути перемещения форм с залитым металлом	Пол	VII	200	40	20
Рабочая площадка фурменного пояса	»	IVб+1[2]	300	40	20
Отделение выбивки					
Механическая выбивка из опок форм и стержней	0,8 м от пола	VI	150	60	20
Ручная выбивка из опок форм и стержней	Пол	VI+1[2]	200	60	20
Отделение обрубки и очистки литья					
Первичная обрубка и очистка литья (обрезка литников и прибылей пилами, обрубка пригаров, шпилек и т. д. отбойными молотками и зубилами)	Поверхность литья	Va	200	40	20
Вторичная обработка литья:					
переносными шлифовальными приспособлениями	То же	IIIб	300	40	15
на стационарных металлообрабатывающих станках[3]	» »	IIIб	300	40	20/15
Очистка отливок в дробеструйных и гидропескоструйных камерах и галтовочных барабанах	0,8 м от пола	VI	150	40	20
ОТК крупного, среднего и мелкого литья[5]	Пол	IIIб+1[6]	400	40	20/15
Отделение грунтовки и окраски литья					
Зачистка поверхности, грунтовка, окраска	Обрабатываемая поверхность	IVб	200	40	20

[1] Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:
а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
б) на одну ступень при системе общего освещения для разрядов II—V, VII, при этом освещенность не должна превышать 300 лк;
в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

[2] Освещенность повышена на одну ступень по шкале освещенности из-за повышенной опасности травматизма.

[3] При комбинированном освещении освещенность должна быть не менее 1000 лк, в том числе от светильников общего освещения не менее 150 лк.

[4] При комбинированном освещении освещенность должна быть не менее 3000 лк, в том числе от светильников общего освещения не менее 300 лк.

[5] При комбинированном освещении освещенность должна быть не менее 1250 лк, в том числе от светильников общего освещения не менее 150 лк.

[6] Освещенность повышена на одну ступень из-за непрерывности зрительной работы (в течение половины рабочего дня).

[7] В числителе — максимально допустимое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе — для местного освещения и для системы общего освещения. При отсутствии дроби значение $K_п$ относится к обеим системам освещения.

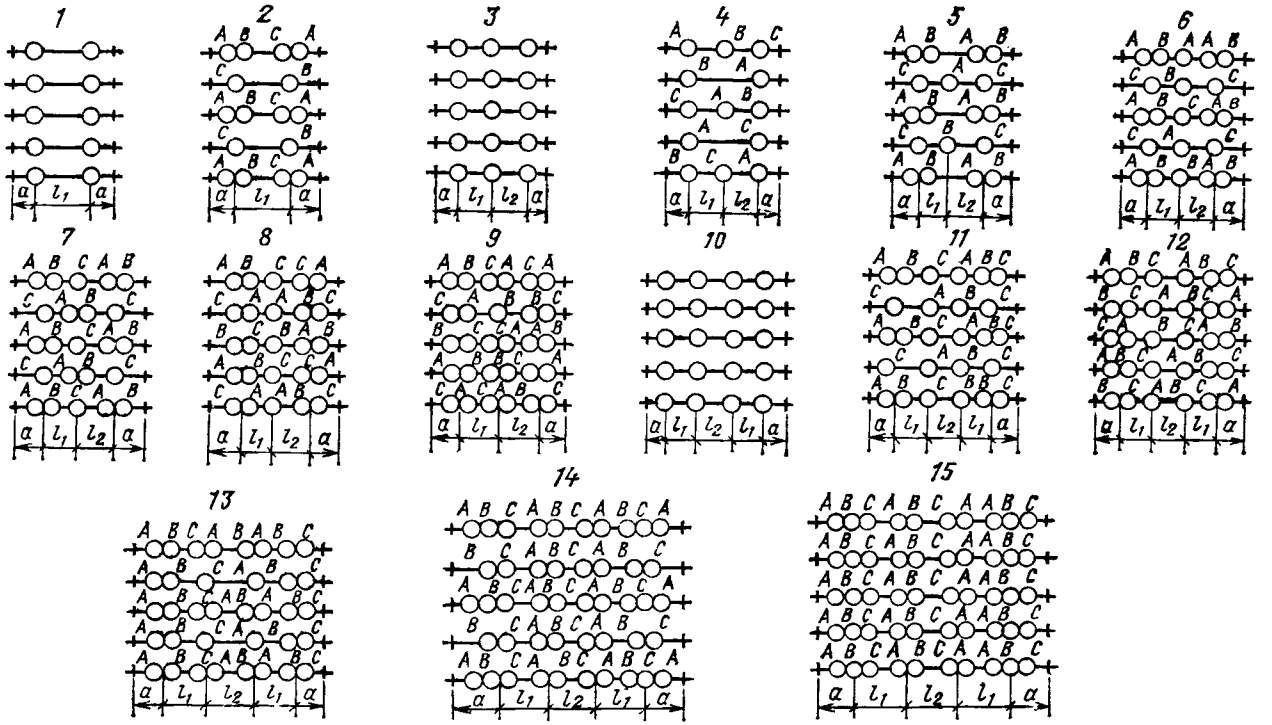


Рис. 12.5. Схемы размещения светильников (см. табл. 12.19).

a — расстояние от стены или колонны до первого ряда светильников; l_1, l_2 — расстояния между соседними рядами светильников; A, B, C — фазы сети; *1—15* — номера схем расположения.

Лампы накаливания используются преимущественно:

а) для местного освещения на стационарных станках при обдирке заусенцев;

б) для освещения помещений с временным пребыванием людей;

в) во взрыво- и пожароопасных помещениях (участки приготовления крепителей, помола угля, грунтовки,

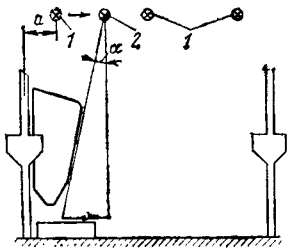


Рис. 12.6. Пример размещения светильников на формовочном участке.

a — расстояние от оси колонн до первого ряда светильников; *1* — положение светильников при равномерном размещении по помещению; *2* — требуемое положение.

окраски, склады моделей, кладовые огнеопасных материалов) и помещениях с тяжелыми условиями среды (сырые, пыльные, с химически активной средой), если применение ГЛ по техническим причинам затруднено или невозможно;

г) для аварийного и эвакуационного освещения, если рабочее освещение выполнено лампами ДРЛ, МГЛ и НЛВД.

В табл. 12.14 приведены регламентируемые [44] и [12.12] значения количественных и качественных характеристик ОУ для основных производственных участков и операций литейных заводов и цехов.

Производственные помещения литейных заводов и цехов отличаются большим содержанием пыли, что требует применения ОП, частично (степень защиты 5'3) или полностью пылезащищенных (степени защиты IP53, IP63) (см. табл. 12.3—12.5), причем предпочтение из-за меньшей запыляемости в процессе эксплуатации следует отдавать ОП двух последних категорий. Из частично пылезащищенных ОП следует использовать лишь те, отражатели которых обладают высокой степенью восстанавливаемости светотехнических характеристик после очистки, т. е. ОП эксплуатационных групп 4 и 5.

Рабочие места на участках литейных цехов, за исключением формовочных отделений, располагаются равномерно по помещению. Формовочные машины размещаются, как правило, вдоль пролетов с одной или двух сторон на расстоянии 0,8—1,2 м от колонн или стены, а механизированные линии формовки на участках мелкого и среднего литья — в центральной части пролетов. В связи с этим для освещения всех участков целесообразны в основном схемы равномерного размещения ОП в 2, 3 или 4 ряда в зависимости от ширины пролета (рис. 12.5). Освещение фронта формовочных машин, расположенных у краев пролета, в отдельных случаях нерационально выполнять равномерно размещенными ОП, так как их крайние ряды могут оказаться над оборудованием или сзади него. В этом случае крайние линии ОП следует смещать к середине пролета (рис. 12.6). Это смещение надо делать с таким расчетом, чтобы для ОП косинусного светораспределения (например, типа УПДДРЛ) угол α не превышал 40°, а для ОП с более узкой кривой силы света (типов СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ, РСП08 и РСП10)—20—30°.

В табл. 12.15—12.19 приведены параметры ОУ для характерных строительных решений некоторых отделений литейных производств при освещении их ОП с

Таблица 12.15. Параметры ОУ с лампами ДРЛ шихтового двора литейного цеха ($E_н$=150 лк, $K_з$=1,8)

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильников, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис. 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×18	12	Г-3	400	5	3,5	13,0	—
		Г-4	400	3	3,0	11,1	III
	14	Г-3	700	4	2,5	16,2	—
		Г-4	400	6	4,0	14,8	—
		К-1	400	5	3,5	13,0	—
	16	Г-3	700	4	2,5	16,2	—
		К-1	700	1	2,0	13,0	III
		Г-3, Г-4	400	8	5,0	18,5	—
		К-1	400	5	3,5	13,0	—
	18	Г-3, Г-4	700	3	3,0	19,4	II
		К-1	700	1	2,0	13,0	III
6×24	12	Г-3, Г-4	400	6	4,0	11,1	—
	14	Г-3	400	7	4,5	12,5	—
		Г-4	400	6	4,0	11,1	—
	16	Г-3, Г-4	400	8	5,0	13,9	—
		К-1	400	6	4,0	11,1	—
		Г-3, Г-4	700	3	3,0	14,6	II
	18	Г-3, Г-4	400	9	5,5	15,3	—
		К-1	400	7	4,5	12,5	—
		Г-3, Г,4	700	3	3,0	14,6	II
		К-1	700	4	2,5	12,2	—

Таблица 12.16. Параметры ОУ с лампами ДРЛ отделений выбивки, обрубки и очистки литья ($E_н$=200 лк, $K_з$=2,0)

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильника, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×9	8	Д-2, Г-1	400	5	3,5	25,9	—
	10	Д-2, Г-1	400	7	4,5	33,3	—
		Г-3	400	2	3,0	22,2	—
6×12	8	Д-2, Г-1	400	6	4,0	22,2	—
	10	Д-2, Г-1	400	8	5,0	27,8	—
		Г-3	400	5	3,5	19,4	—
		Д-2, Г-1	700	3	3,0	29,2	II
		Г-3	700	1	2,0	19,4	III
	12	Г-3	400	6	4,0	22,2	—
		Г-4	400	5	3,5	19,4	—
		Г-3	700	4	2,5	24,3	—

Продолжение табл. 12.16

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильника, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис. 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×18	8	Д-2, Г-1	400	8	5,0	18,5	—
		Д-2, Г-1	700	3	3,0	19,4	III
	10	Д-2, Г-1	700	5	3,5	22,7	—
		Г-3	400	7	4,5	16,7	—
	12	Г-3	400	8	5,0	18,5	—
		Г-4	400	7	4,5	16,7	—
	14	Г-3	400	3	3,0×2*	22,2	IV
		Г-4	400	8	5,0	18,5	—
		Г-3	700	5	3,5	22,7	—
		Г-4	700	3	3,0	19,4	III
	16	Г-3	700	6	4,0	25,9	—
		Г-4	400	3	3,0×2*	22,2	IV
		К-1	400	8	5,0	18,5	—
		Г-4	700	5	3,5	22,7	—
		К-1	700	3	3,0	19,4	III
	18	Г-3	700	7	4,5	29,2	—
		Г-4	700	6	4,0	25,9	—
		К-1	400	8	5,0	18,5	—
		К-1	700	3	3,0	19,4	III
6×24	8	Д-2, Г-1	400	13	7,0	19,4	—
	10	Д-2, Г-1	700	6	4,0	19,4	—
		Г-3	400	9	5,5	15,3	—
	12	Г-3	400	3	3,0×2*	16,7	IV
		Г-4	400	3	3,0×2*	16,7	IV
		Г-3	700	6	4,0	19,4	—
	14	Г-3, Г-4	700	6	4,0	19,4	—
	16	Г-3	700	7	4,5	21,9	—
		Г-4	700	6	4,0	19,4	—
		К-1	700	5	3,5	17,0	—
	18	Г-3, Г-4	700	8	5,0	24,3	—
		К-1	700	5	3,5	17,0	—
	20	Г-4	700	8	5,0	24,3	—
		К-1	700	6	4,0	19,4	—
6×30	10	Г-3	700	10	4,0	15,5	III
	12	Г-3	700	11	5,0	19,4	—
		Г-4	700	10	4,0	15,5	III
	14	Г-3, Г-4	700	11	5,0	19,4	—
	16	Г-2	700	12	6,0	23,3	—
		Г-4	700	11	5,0	19,4	—
		К-1	700	10	4,0	15,5	III
	18	Г-3, Г-4	700	12	6,0	23,3	—
		К-1	700	11	5,0	19,4	—
	20	Г-4	700	12	6,0	23,3	—
		К-1	700	11	5,0	19,4	—

* Установлено по два светильника.

Таблица 12.17. Параметры осветительных установок с лампами ДРЛ отделения изготовления форм и стержней II и III классов точности ($E_н$ =300 лк, $K_з$ = 1,8)

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильника, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис. 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×18	10	Г-3	700	2	3,0	19,4	III
	12	Г-3 Г-4	700 700	4 2	3,5 3,0	22,7 19,4	— III
	14	Г-3, Г-4 К-1	700 700	5 2	4,0 3,0	25,9 19,4	— —
	16	Г-3 Г-4 К-1	700 700 700	7 6 4	5,0 4,5 3,5	32,4 29,2 22,7	— — —
6×24	8	Г-3	700	10	4,0	19,4	II
	10	Г-3	700	5	4,0	19,4	—
	12	Г-3 Г-4	700 700	6 5	4,5 4,0	21,9 19,4	— —
	14	Г-3, Г-4 К-1	700 700	7 5	5,0 4,0	24,3 19,4	— —
	16	Г-4 К-1 Г-3	700 700 700	8 6 2	5,5 4,5 3,0×2*	26,7 21,9 29,2	— — IV
6×30	12	Г-3 Г-4	700 700	12 11	6,0 5,0	23,3 19,4	— —
	14	Г-3, Г-4 К-1	700 700	12 11	6,0 5,0	23,3 19,4	— —
	16	Г-3, Г-4 К-1	700 770	13 12	7,0 6,0	27,2 23,3	— —

* Установлено по два светильника.

Таблица 12.18. Параметры осветительных установок с лампами ДРЛ отделений изготовления форм и стержней I класса точности ($E_н$ =750 лк, $K_з$ =1,8)

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильника, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис. 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×18	10	Г-3	1000	2	3,0×2*	55,5	IV
	12	Г-3, Г-4	1000	2	3,0×2*	55,6	IV

Продолжение табл. 12.18

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильника, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис. 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×18	14	Г-4 К-1	1000 1000	9 2	7,0 3,0×2*	64,8 55,6	— IV
	16	К-1	1000	2	3,0×2*	55,6	IV
6×24	8	Г-3	1000	12	6,0	41,7	—
	10	Г-3	1000	13	7,0	48,6	—
	12	Г-3 Г-4	1000 1000	10 13	4,0×2* 7,0	55,6 48,6	IV —
	14	Г-4 К-1	1000 1000	10 13	4,0×2* 7,0	55,6 48,6	IV —
	16	К-1	1000	10	4,0×2*	55,6	IV
6×30	12	Г-3 Г-4	1000 1000	15 14	10,0 9,0	55,6 50,0	— —
	14	Г-4 К-1	1000 1000	15 14	10,0 9,0	55,6 50,0	— —
	16	К-1	1000	15	10,0	55,6	—

* Установлено по два светильника.

Таблица 12.19. Размещение светильников с лампами ДРЛ

Строительный модуль помещения, м	Номер схемы по рис. 12.5	Расстояние от стены до первого ряда светильников a, м	Расстояние между первым и вторым рядами светильников l_1, м	Расстояние между вторым и третьим рядами светильников l_2, м
6×9	1,2 3—9	1,5 1,0	6,0 3,5	— 3,5
6×12	1,2 3—9 10—13	2,0 1,5 1,5	8,0 4,5 2,5	— 4,5 4,0
6×18	3—9 10—13	2,0 2,0	7,0 4,0	7,0 6,0
6×24	3—9 10—13	3,0 2,0	9,0 6,0	9,0 8,0
6×30	3—9 10—15	3,0 3,0	12,0 8,0	12,0 8,0

различным светораспределением [12.13] с лампами ДРЛ при равномерном размещении (см. рис. 12.5), обеспечивающем требуемые нормами количественные и качественные характеристики ОУ. Определение класса светораспределения ОП, используемых для освещения различных отделений литейных цехов, проводится в соответствии с табл. 12.3—12.5.

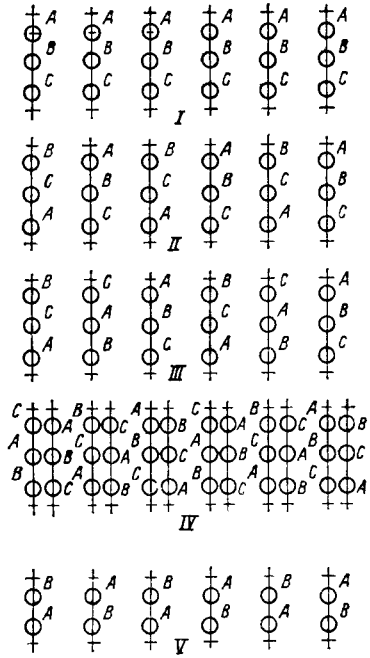


Рис. 12.7. Схемы расфазировки при равномерном размещении светильников

I—V — номера схем расфазировки; *A*, *B*, *C* — фазы сети.

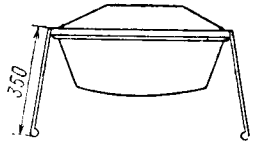


Рис. 12.8. Светильник типа ПВЛП с защитным козырьком.

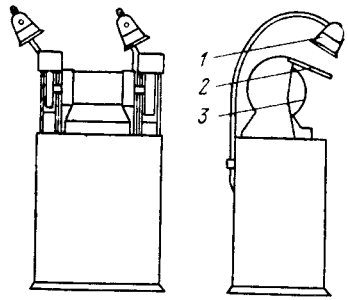


Рис. 12.9. Схема освещения наждачно-заточных станков.

1 — светильник; *2* — защитный экран; *3* — наждачный круг.

Для освещения отдельных участков в смесеприготовительном и формовочном пролетах требуется установка дополнительных ОП, компенсирующих затенение рабочих мест технологическим оборудованием. Работы в смесеприготовительном отделении связаны с большой опасностью травматизма и требуют освещения площадок перед барабанами, внутренней полости самого барабана (для контроля готовности смеси), а также ленточного конвейера по всей его длине. Площадки перед смесительными барабанами и конвейер следует освещать ОП рассеянного света типа ППР с ЛН 100 Вт и устанавливать их над площадкой или конвейером на высоте около 3 м от пола.

На механизированных линиях мелкого и среднего литья возможно затенение отдельных рабочих мест разными технологическими коммуникациями. Для доведения освещенности на затененных местах до требуемой нормами следует предусматривать над ними на высоте 3 м от пола пылезащищенные ОП прямого света (например, типа ППД2500 с ЛН 500 Вт).

Отдельные рабочие места литейных цехов требуют устройства местного освещения. Оно необходимо в бегунах смесеприготовительного отделения, где следует использовать пылезащищенные ОП с ЛН (например типа ПСХ). Светильник следует устанавливать на внутренней поверхности колпака, а в случае расположения бегунов под вентиляционными зонтами — под зонтом.

Местное освещение необходимо на столах ручной формовки стержней и их визуального контроля, а также на местах технического контроля литья при определении качества поверхности и геометрии отливок. Из-за отсутствия ОП местного освещения со степенями защиты IP53 и IP54 местное освещение следует выполнять ОП общего освещения (например типа ПВЛП, НКП01), устанавливая их над столами на стене или колоннах. Для уменьшения слепящего действия ОП эксплуатационная служба предприятия должна изготовить защитные козырьки (рис. 12.8).

В отделении обрубки и очистки вторичная обработка мелкого литья (обдирка заусенцев) производится на специальных станках, имеющих два наждачных круга и рассчитанных на двух работающих. Станки оборудованы ОП, установленными на кронштейне между наждачными кругами. Такой способ освещения не является удачным, так как ОП освещает часть круга, не соприкасающуюся с обрабатываемой деталью и не видную работающему. Станок следует снабжать двумя ОП местного освещения, расположенными за защитными козырьками (из стекла) каждого наждачного круга таким образом, чтобы световой поток падал на обрабатываемое изделие и поверхность круга, обращенную к работающему (рис. 12.9). Для местного освещения наждачных кругов может быть использован ОП типа НКС01 с эмалированным отражателем и зеркальной лампой накаливания типа МОЗ36-60.

В ОУ с ГЛ следует принимать меры по ограничению глубины пульсации светового потока в соответствии с требованиями отраслевых норм (см. табл. 12.14).

При эксплуатации ОУ необходимо соблюдать следующие сроки чистки ОП: для открытых складов, отделений вторичной обработки литья, цеховых лабораторий, электрощитовых и пультовых помещений, участков подготовки производства и ремонта оснастки, цеховых складов моделей и вспомогательных материалов — не реже 1 раза в 3 месяца; для закрытых складов, шихтовых дворов, стержневых, формовочных и плавильно-заливочных отделений, отделений грунтовки и окраски литья, участков переработки и удаления отходов, регенерации смесей и осветления воды — не реже 1 раза в 2 месяца; для смесеподготовительных и смесеприготовительных отделений, отделений выбивки, обрубки и очистки литья — не реже 1 раза в месяц.

Аварийное освещение следует устраивать в плавильно-заливочном отделении в местах выпуска металла из печи или вагранки с минимальной освещенностью на рабочей поверхности 10 лк и в диспетчерских и пультовых помещениях, по измерительной аппаратуре которых ведется контроль за технологическим процессом плавильно-заливочного отделения, с минимальной освещенностью 30 лк. Эвакуационное, дежурное и охранное освещение территорий литейных заводов и цехов

следует устраивать в соответствии с требованиями СНиП [44].

Проектирование и устройство электрических сетей необходимо проводить в соответствии с разд. 10.

12.3.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЦЕХА

Механические и инструментальные цеха располагаются в основном в помещениях высотой от 3,2 до 18 м с шириной пролетов от 9 до 30 м (табл. 12.20). Металлообрабатывающие станки могут располагаться рядами либо вдоль пролетов, либо под небольшими углами к продольной оси цеха. Число рядов оборудования может колебаться от одного до четырех. Основной проход между рядами станков располагается, как правило, в центре пролетов и имеет ширину 2—4 м. Слесарные верстаки размещаются поодиночке или рядами на специально выделенных участках.

Искусственное освещение этих цехов выполняют в соответствии с нормами [44] и [12.12].

Работы на металлообрабатывающих станках и слесарных верстаках связаны с контролем правильности установки и обработки детали, настройкой станка, контролем качества обработки детали и относятся к работам очень высокой точности, что требует устройства комбинированного освещения с преимущественным использованием для общего освещения ЛЛ типа ЛБ. Для местного освещения работ с блестящими металлическими поверхностями следует применять лампы типов ЛД и ЛХБ. Использование ламп ДРЛ в этих целях возможно лишь в высоких цехах (6 м и выше), когда применение ЛЛ приводит к резкому и неприемлемому увеличению количества ОП в ОУ, значительно затрудняющему и удорожающему ее эксплуатацию. Перспективными для освещения высоких механических и инструментальных цехов являются МГЛ. Лампы накаливания используются в основном для местного освещения металлообрабатывающих станков и слесарных верстаков.

В табл. 12.21 приведены значения освещенности рабочих мест механических и инструментальных цехов при использовании ГЛ для общего освещения. Показатель ослепленности ОУ должен быть не более 20, коэффициент пульсации от СП общего освещения — не более 20 %, от ОП местного освещения — не более 10 %.

В цехах с автоматизированными станочными линиями выполняются эпизодические, но точные и ответственные зрительные работы. В них устраивают, как правило, одно общее освещение с уровнем освещенности по цеху 300 лк для механического производства и 500 лк для инструментального. Местное освещение предусматривают лишь на рабочих местах контроля готовой продукции. Кроме того, должна быть обеспечена возможность пользования переносными ОП. Включение всех ОП общего освещения производится лишь при наладке и запуске линий, а также при эпизодических обходах автоматических линий; для общей ориентации и надзора за работой линий достаточно оставить работающими половину ОП.

Характер зрительных работ и условия среды в механических и инструментальных цехах допускают использование открытых как диффузных, так и зеркальных ОП со степенью защиты IP20. Выбор типа ОП общего освещения зависит от уровня освещенности и высоты его установки (см. табл. 12.20). Для освещения невысоких помещений (до 6 м) рационально использовать диффузные ОП типов ЛД, ЛСП02 с ЛЛ. Помещения высотой 7 м и более целесообразно освещать ОП глубокого светораспределения (например, типа ЛСП13). Технико-экономическое сопоставление ОУ с диффузными и зеркальными люминесцентными светильниками в помещениях высотой 6—12 м показало, что приведенные годовые затраты ОУ с диффузными СП выше, чем с зеркальными, в среднем на 10—26 %, а расход электроэнергии выше на 28—32 %.

Таблица 12.20. **Характерные строительные параметры, рекомендуемые ИС и ОП общего освещения механических и инструментальных цехов с нормальными условиями среды**

Строительный модуль, м	Высота, м	Тип ИС	Светильники общего освещения				
			КСС по табл. 9.4	Конструктивно светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Характерные типы светильников
6×9	6—7,2	ЛЛ	Г-2 Д-2, Г-1	IБ IБ, IIБ	3,4 2,3	IP20 IP20	ЛСП13 ЛД, ЛСП02
6×12	3,2—6	ЛЛ	Д-2, Г-1	IБ, IIБ	2,3	IP20	ЛД, ЛСП02
6×18	4,8—6	ЛЛ	Д-2, Г-1	IБ, IIБ	2,3	IP20	ЛД, ЛСП02
	6—12	ЛЛ	Г-2	IБ	3,4	IP20	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	IA	2,3	IP20	РСП17, РСП18
	12—14,4	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	IA	3	IP20	РСП17, РСП18, РСП10, СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ
		МГЛ	Г-4	IA	3	IP20	ГСП18, ГСП-17
6×24	5,4—6	ЛЛ	Д-2, Г-1	IБ, IIБ	2,3	IP20	ЛД, ЛСП02
	6—12	То же	Г-2	IБ	3,4	IP20	ЛСП13
		ДРЛ	Г-1, Г-2	IA	2,3	IP20	РСП17, РСП18
	12—15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	IA	3	IP20	РСП17, РСП18, РСП10, СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ
		МГЛ	Г-4	IA	3	IP20	ГСП18
	15—18	ДРЛ	К-1, К-2	IA	3	IP20	РСП10, РСП17, РСП18, СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ
		МГЛ	К-2	IA	3	IP20	ГСП10, ГСП-17
6×30	12,6—15	ДРЛ	Г-3, Г-4, К-1	IA	3	IP20	РСП17, РСП18, РСП10, СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ
		МГЛ	Г-4	IA	3	IP20	ГСП18
	15—18	ДРЛ	К-1, К-2	IA	3	IP20	РСП10, РСП17, РСП18, СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ
		МГЛ	К-2	IA	3	IP20	ГСП10, ГСП-17

Таблица 12.21. **Минимальные освещенности механических и инструментальных цехов при освещении газоразрядными лампами**

Цех, участок, рабочая операция, оборудование	Рабочая поверхность	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность при комбинированном освещении, лк	
			Общем и местном	Общем
Механические цеха серийного выпуска деталей				
Общая освещенность цеха				300
Металлообрабатывающие станки, слесарные и граверные работы	Место обработки деталей	IIв	2000 1500[1]	200
Разметочные плиты и контроль	Плита, стол	IIа+1[2]	2500 2000[1]	300
Прецизионные металлообрабатывающие станки, расположенные в отдельных помещениях	Место обработки деталей	Iв	2500 2000[1]	300
Механические цеха опытного выпуска деталей и ремонтно-механические				
Общий уровень освещенности цеха				400
Металлорежущие станки, слесарные и граверные работы, разметочные плиты и контроль	Место обработки деталей	IIв+1[2]	2500 2000[1]	300
Инструментальные и механические цеха инструментальной промышленности				
Общий уровень освещенности цеха				500
Металлорежущие станки, слесарные и лекальные работы, разметочные плиты и контроль	Место обработки деталей	Iв	2500 2000[1]	300
Измерительные лаборатории (визуальный и инструментальный контроль калибров, концевых мер и инструмента)	Изделие, измерительный инструмент	IIв+1[2]	2500 2000[1]	300

[1] Освещенность понижена на одну ступень при использовании для местного освещения ЛН.

[2] Освещенность повышена на одну ступень ввиду большой продолжительности зрительной работы (более половины рабочего дня).

Наряду с люминесцентными ОП для освещения высоких помещений (6—18 м) могут быть использованы ОП с лампами ДРЛ и МГЛ (см. табл. 12.20).

Для повышения равномерности освещения и уменьшения затенения рабочей поверхности корпусом работающего, конструктивными частями оборудования и т. д. (особенно в цехах небольшой высоты) люминесцентные ОП целесообразно размещать во всех цехах в виде непрерывных линий или с небольшим разрывом. Исходя из этого, при устройстве освещения механических и инструментальных цехов наиболее целесообразными могут оказаться ЛЛ меньшей мощности (например, 40 вместо 65 Вт).

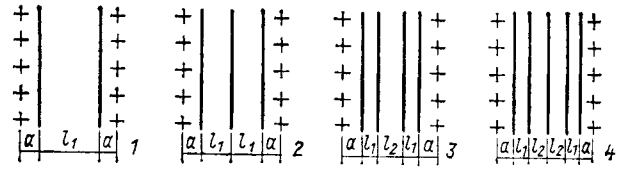


Рис. 12.10. Схемы равномерного размещения люминесцентных светильников

1—4 — номера схем размещения.

Для создания требуемых уровней освещенности на рабочих местах и лучшего освещения механизмов управления станками рекомендуется линии ОП (рис. 12.10) размещать не над суппортами станков, а сдвигать их в сторону механизмов управления на 0,5—1 м, что наиболее важно при небольшой высоте установки ОП, когда возможно затенение пульта управления выступающими частями станка.

В табл. 12.22 приведены данные для расчета ОУ механических и инструментальных цехов, выполненных ОП с различным светораспределением с двумя люминесцентными лампами мощностью 65 Вт, при $E_н = 300$ лк, $K_з = 1{,}5$ и $H = 8$ м от пола. Определение требуемого числа ОП в линии на модуль $N_{треб}$ для любого варианта проводится по формуле

$$N_{треб} = N_{табл} K_H K_P K_E K_L, \qquad (12.2)$$

где $N_{табл}$ — число светильников в линии на модуль (табл. 12.22); K_H — поправочный коэффициент на вы-

Таблица 12.22. **Данные для расчета ОУ механических и инструментальных цехов ($E_н = 300$ лк, $K_з = 1{,}5$)**

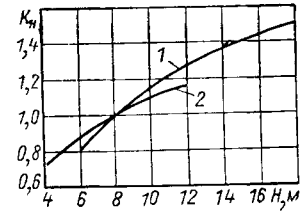
Строительный модуль помещения, м	КСС по табл. 9.4	Количество рядов оборудования	Номер схемы по рис. 12.10	Расстояние a от стены до первого ряда светильников, м	Расстояние l_1 между первым и вторым рядами светильников, м	Расстояние l_2 между вторым и третьим рядами светильников, м	Количество светильников в каждой крайней линии на модуль, шт.	Количество светильников в каждой центральной линии на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²
6×9	Д-2, Г-1	1 и 2	1	1,5	6,0	—	5,8	—	28,0
	Г-2	1 и 2	1	1,5	6,0	—	3,2	—	15,4
6×12	Д-2, Г-1	1 и 2	1	2,0	8,0	—	6,6	—	23,9
	Г-2	1 и 2	1	2,0	8,0	—	3,8	—	13,8
6×18	Д-2, Г-1	2	1	3,5	11,0	—	8,0	—	19,2
	Д-2, Г-1	3	2	2,0	7,0	7,0	6,4	4,3	20,5
	Г-2	3	2	2,0	7,0	7,0	3,3	2,5	10,9
6×24	Д-2, Г-1	3	2	3,0	9,0	9,0	8,7	4,3	19,5
	Г-2	3	2	3,0	9,0	9,0	4,3	2,1	9,6
	Д-2, Г-1	4	3	2,0	6,0	8,0	6,4	4,3	19,3
	Г-2	4	3	2,0	6,0	8,0	3,3	2,2	9,9
6×30	Г-2	3	2	3,5	11,5	11,5	5,8	5,2	12,1
	Г-2	4	3	3,0	7,0	10,0	4,7	3,6	12,1
	Г-2	5	4	2,0	6,5	6,5	3,9	2,9	11,9

Таблица 12.23. **Параметры ОУ с лампами ДРЛ механических цехов опытного выпуска деталей ($E_н$ = 400 лк, $K_з$ = 1,5)**

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильников, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номер схемы по рис. 12.5	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²	Схема расфазировки по рис. 12.7
6×9	6	Д-2, Г-1	700	2	3,0	39,0	—
	8	Д-2, Г-1	700	5	3,5	45,2	—
	10	Д-2, Г-1 Г-3	700 700	1 2	2,0×2* 3,0	51,8 39,0	IV —
6×12	6	Д-2, Г-1 Д-2, Г-1	700 700	1 5	2,0×2* 3,5	39,0 34,0	IV —
	8	Д-2, Г-1 Д-2, Г-1	700 700	1 6	2,0×2* 4,0	39,0 39,0	IV —
	10	Д-2, Г-1 Г-3	700 700	8 4	5,0 3,0	48,6 29,1	— III
6×18	6	Д-2, Г-1	700	11	5,0	32,3	—
	8	Д-2, Г-1	700	8	5,0	32,3	—
	10	Д-2, Г-1 Г-3	700 700	3 6	3,0×2* 4,0	38,8 25,9	IV —
	12	Д-2, Г-1 Г-3	1000 700	7 7	4,5 4,5	41,6 29,2	— —
	14	Г-3 К-1	700 1000	8 3	5,0 3,0	32,3 27,8	— III
	16	Г-4 К-1	700 700	3 7	3,0×2* 4,5	38,8 29,0	IV —
6×24	6	Д-2, Г-1	700	12	6,0	29,1	—
	8	Д-2, Г-1	700	12	6,0	29,1	—
	10	Д-2, Г-1 Г-3	1000 1000	7 10	4,5 4,0	31,3 27,7	— II
	12	Д-2, Г-1 Г-3	1000 1000	8 6	5,0 4,0	34,7 27,7	— —
	14	Г-3, Г-4 Г-3	1000 700	6 3	4,0 3,0×2*	27,7 29,1	— IV
	16	Г-3 Г-4 К-1	1000 1000 700	8 7 8	5,0 4,5 5,0	34,6 31,2 24,2	— — —
	18	Г-3 Г-4 К-1	1000 1000 700	3 8 3	3,0×2* 5,0 3,0×2*	41,5 34,6 29,1	IV — IV
6×30	12	Г-3	700	13	7,0	27,2	—
	14	Г-3 Г-4	1000 700	11 13	5,0 7,0	27,8 27,2	— —
	16	Г-3 Г-4 К-1	1000 1000 1000	12 11 10	6,0 5,0 4,0	33,3 27,8 22,3	— — III
	18	Г-3 Г-4 К-1	1000 1000 1000	13 12 11	7,0 6,0 5,0	39,0 33,3 27,8	— — —

Продолжение табл. 12.23

* Установлено по два светильника.



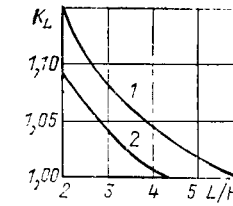


Рис. 12.11. Зависимость коэффициента K_H от высоты подвеса светильников
1 — ЛСП02, ЛД; *2* — ЛСП13.

Рис. 12.12. Зависимость коэффициента K_L от отношения длины помещения L к высоте H.
1 — светильники типов ЛСП02, ЛД; *2* — ЛСП13.

соту подвеса светильников (рис. 12.11); $K_Р$ — поправочный коэффициент на мощность ламп, равный 1,0 для ламп мощностью 65 Вт, 0,87 для 80 Вт и 1,52 для 40 Вт; K_E — поправочный коэффициент на освещенность, равный 1,0 для освещенности 300 лк, 1,33 для 400 лк и 1,67 для 500 лк; K_L — поправочный коэффициент на длину помещения (рис. 12.12).

В табл. 12.23 приведены параметры ОУ механических цехов опытного выпуска деталей для характерных строительных модулей при использовании ОП с различным светораспределением с лампами ДРЛ при равномерном размещении ОП (рис. 12.5 и табл. 12.19), обеспечивающем требуемые для механических цехов качественные показатели ОУ.

Все рабочие места в механических и инструментальных цехах должны иметь местное освещение. По способу освещения рабочих зон станки можно подразделить на три группы. К первой относятся токарные (универсальные, винторезные, револьверные), поперечно-строгальные, сверлильные и зубофрезерные станки. Минимально допустимая высота установки ОП до освещаемой поверхности изделия на станках первой группы, за исключением зубофрезерных, составляет 0,3—0,4 м. Конструкция зубофрезерных станков позволяет установить ОП местного освещения на высоте не менее 0,5—0,7 м. Нормируемый уровень освещенности на этих станках должен быть обеспечен на участке диаметром 0,3—0,4 м. Ко второй группе относятся шлифовальные и полировальные станки, для которых применяют ОП с малой яркостью светящей поверхности. Минимально допустимая высота установки ОП местного освещения составляет 0,1—0,2 м. В третью группу входят крупногабаритные станки (карусельные, горизонтально-расточные, продольно-фрезерные и т. п.), на ко-

торых необходимо освещать две рабочие зоны: обработки и управления.

Металлорежущие станки оснащаются изготовителями ОП местного освещения, в основном серии НКСО1 (за исключением шлифовальных и полировальных станков), допускающими применение в них ЛН мощностью до 100 Вт (см. табл. 12.5). Для каждого вида станка типоразмер ОП и мощность ИС определяются минимальной высотой над рабочей зоной, на которой могут быть установлены ОП.

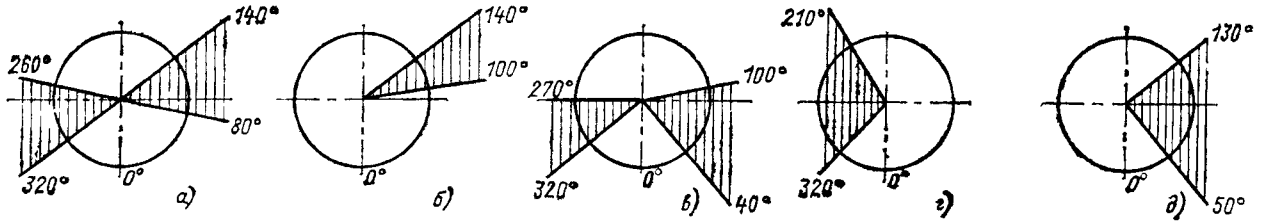


Рис. 12.13. Рекомендуемые зоны расположения светильников (заштрихованы) на металлорежущих станках (положение наблюдателя соответствует 0°).

а — фрезерном; *б* — токарием; *в* — строгальном; *г* — сверлильном; *д* — горизонтально-расточном.

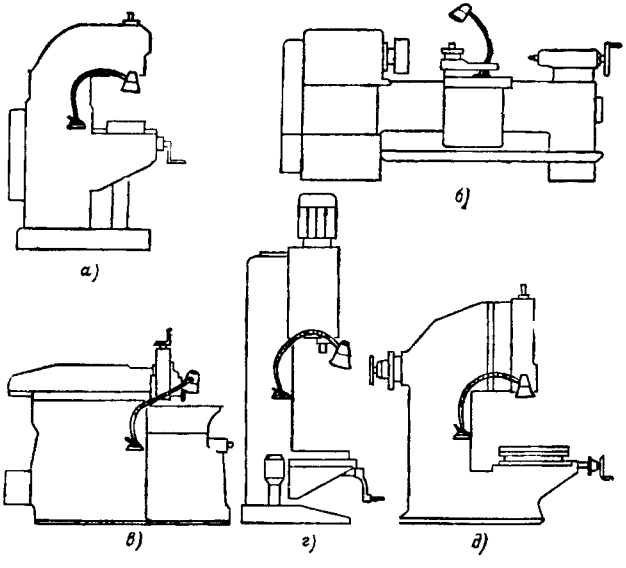


Рис. 12.14. Схемы установки светильников местного освещения на металлообрабатывающих станках.

а — вертикально-фрезерном; *б* — токарием; *в* — поперечно-строгальном; *г* — сверлильном; *д* — долбежном.

Требования к качеству освещения металлообрабатывающих станков в основном сводятся к повышению контраста различаемых деталей с фоном, ограничению прямой и отраженной блескости и неравномерности яркости в поле зрения. Одним из средств повышения контраста рассматриваемых элементов (большей частью рельефных) на обрабатываемой поверхности является правильный выбор направления света. Исследования зависимости видимости рельефных объектов различения на поверхности стальных образцов от направления света [12.15] позволили выявить наивыгоднейшие зоны расположения ОП на различных металлообрабатывающих станках (рис. 12.13). Для создания нормируемой освещенности на фрезерных и сверлильных станках в зависимости от их габаритов и типа рекомендуется устанавливать ОП серии НКСО1 либо с одной, либо с двух сторон станины станка, на станках токарной группы—на каретке суппорта, что обеспечивает постоянство освещенности на рабочей поверхности. В качестве примера на рис. 12.14 приведены рекомендуемые схемы установки ОП местного освещения на некоторых металлообрабатывающих станках. В ОП местного освещения типа НКСО1 следует использовать диффузные или зеркальные ЛН типов МОД или МОЗ, создающие на рабочей поверхности при прочих равных условиях освещенность в 2 раза большую по сравнению с лампами типа МО той же мощности.

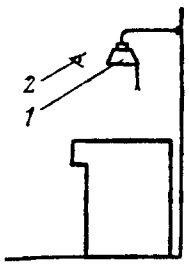


Рис. 12.15. Схема освещения лекальных работ.

1 — светильник; *2* — положение глаз работающего.

Работы ВЦНИИОТ показали, что для улучшения видимости рисок на шлифованной поверхности местное освещение станков шлифовальной группы целесообразно выполнять ОП, имеющими яркость выходного отверстия 2500—3000 кд/м². Важное значение для шлифовальных станков имеют также размеры светящей поверхности ОП. Для различных обрабатываемых плоских и круглых поверхностей ВЦНИИОТ рекомендует ОП размером 100×540 мм. В этом случае наилучшие условия видимости рисок и штрихов на шлифованной поверхности создаются при освещенности порядка 400 лк. Для этой цели следует использовать ОП типа ЛКСО1 (см. табл. 12.5). Крепить ОП следует на передней бабке станка или к колоннам корпуса.

На слесарных верстаках необходимо освещать три рабочие зоны: горизонтальную поверхность стола, на которой проводится разметка деталей, керновка, сборка и т. д.; вертикальную поверхность обрабатываемой детали, закрепленной в тисках; поверхность рассматриваемого чертежа, закрепленного на задней стенке верстака. Освещение верстака целесообразно выполнять двумя ОП: с ЛЛ и ЛН, причем ОП с ЛЛ освещает горизонтальную плоскость верстака и вертикально закрепленный на нем чертеж, а ОП с ЛН, установленный с правой стороны от тисков, — обрабатываемую деталь. При установке верстаков в ряды наиболее целесообразно использование ОП с ЛЛ, установленных в линию. Если на верстаках выполняются лекальные работы, то на ОП может быть установлен непрозрачный диффузный экран для просматривания деталей «на просвет» (рис. 12.15).

Освещение разметочных плит и столов контроля следует выполнять ОП с ЛЛ и рассеивателями [например, ЛНПО1 (см. табл. 12.5)].

При проектировании общего освещения механических и инструментальных цехов требуется вводить коэффициент запаса, равный 1,5. Сроки чисток ОП в соответствии с [12.12] должны составлять для механических цехов 4 раза в год, инструментальных — 2 раза в год.

Проектирование и устройство электрических сетей необходимо проводить в соответствии с рекомендациями, изложенными в разд. 10.

12.3.3. СБОРОЧНЫЕ ЦЕХА

Сборочные цеха имеются во многих отраслях промышленности, поэтому строительные параметры их помещений чрезвычайно разнообразны. Если сборочные цеха приборостроительных или часовых заводов и ювелирных фабрик располагаются, как правило, в многоэтажных зданиях с высотой потолков до 6 м и пролетами шириной 6 или 9 м, то на автомобильных, станкостроительных или трансформаторных заводах они часто размещаются на огромных площадях многопролетных промышленных корпусов с высотой до нижнего пояса ферм до 18 и более метров при ширине пролета 18—24 м. Наиболее распространенные сочетания модулей и высот, характерные для сборочных цехов различных отраслей промышленности, приведены на рис. 12.16.

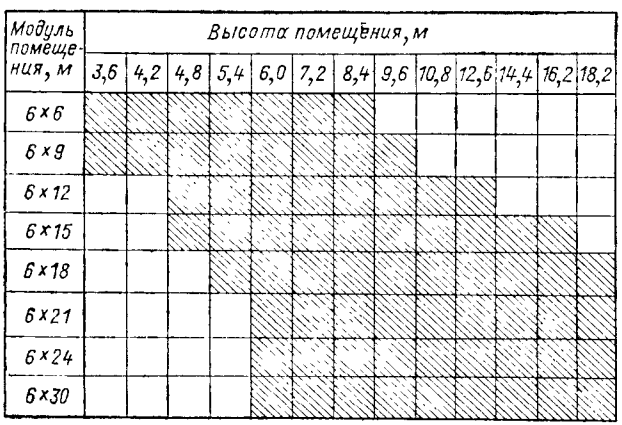


Рис. 12.16. Характерные строительные параметры сборочных цехов.

С точки зрения организации технологического процесса и вытекающих отсюда возможных способов освещения все сборочные цеха можно подразделить на две группы: цеха сборки крупных изделий (машин, станков, механизмов и т. п.) и цеха сборки мелких изделий (инструмента, приборов и т. д.). Общей сборке изделий первой группы предшествует их узловая комплектация и сборка. Они проводятся на вынесенных отдельно участках или рабочих местах. При выполнении узловой сборки работающий должен следить за правильностью подбора и установки отдельных деталей узла, производить такие операции, как подгонка, шабровка, электромонтаж и т. п., а также контролировать свою работу визуально и по приборам, индикаторам, мерительному инструменту и другим приспособлениям. Объекты различения могут находиться в любой плоскости, как снаружи, так и внутри изделий. Сборку узлов всегда следует проводить при комбинированном освещении. При технической невозможности оборудования местного освещения в виде исключения может быть использована система общего локализованного освещения.

Общая (генеральная) сборка крупных изделий, как правило, происходит на специальных площадках или поточных линиях, расположенных на уровне пола, либо на больших, иногда подвесных, конвейерах, где работают стоя. Эти работы связаны с необходимостью точной подгонки отдельных узлов при их установке на станину, раму или корпус и последующей регулировки их взаимного расположения. Оборудование может быть освещено с помощью системы общего освещения. Иногда, например при необходимости подсвета вертикальных поверхностей или внутренних полостей, требуется сочетание общего равномерного и локализованного освещения.

Сборка мелких изделий осуществляется обычно на конвейерах различной конфигурации либо на верстаках. За теми и другими работают сидя. Эта сборка складывается из трех основных циклов: узловой сборки отдельных частей, последующей чистовой сборки и контроля готовых изделий. Часто между чистовой сборкой и контролем проводится целый комплекс регулировочно-наладочных работ, настройка, тарировка и градуировка изделий. На узловой и общей сборке мелких изделий должна быть использована система комбинированного освещения; только там, где установка ОП местного освещения невозможна вследствие специфики технологии, допускается использование одного общего освещения.

Размеры объектов различения в сборочных цехах разных отраслей промышленности могут быть весьма различны: от 0,1 мм в часовом или ювелирном производстве до одного или даже нескольких миллиметров, например при сборке кузова автомобиля. Не надо, однако, полагать, что малые объекты различения встречаются только на изделиях малых размеров и наоборот. Например, сборка мощных электродвигателей или магистропроводов больших трансформаторов связана с необходимостью обнаружения и устранения мельчайших зазоров, выступов и неровностей. При различных сборочных операциях встречаются зрительные работы как очень высокой, так и средней точности. Характерные примеры нормативных требований к освещению ГЛ различных сборочных работ приведены в табл. 12.24. Как видно, при системе комбинированного освещения наиболее часто встречаются работы, требующие уровней освещенности 1000—2000 лк, а при системе общего освещения — 300 лк. Для тех случаев, когда какой-либо из видов сборки можно проводить как при комбинированном, так и при общем освещении, в табл. 12.24 приведены нормируемые показатели для обеих систем. Если же допустимо использование только одной системы освещения, то данные для второй системы не указываются. При проектировании общего освещения (независимо от принятой системы освещения) следует принимать минимально возможную неравномерность освещенности в зоне размещения рабочих мест. При этом в соответствии с рекомендациями [44] отношение максимальной освещенности к минимальной, определяющее коэффициент неравномерности n, не должно превышать значений, приведенных в табл. 12.1.

Ввиду большого количества отраслей производства, имеющих сборочные цеха, привести их все в табл. 12.24 не представляется возможным. Определение значений нормируемых показателей ОУ для сборочных цехов других отраслей промышленности должно проводиться на основе [44] по конкретным технологическим данным, а при наличии для рассматриваемого производства отраслевых норм искусственного освещения — по ним и другим справочным материалам [12.19—12.21], а также «Отраслевым нормам искусственного освещения предприятий электротехнической промышленности» (ч. 1 и 2, М.: Информэлектро, 1974 и 1976) и «Отраслевым нормам искусственного освещения пред-

Таблица 12.24. **Примеры норм освещенности и качественных показателей[1] освещения для сборочных цехов различных отраслей промышленности (освещение ГЛ)**

Цех, участок, рабочая операция	Рабочая поверхность	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г—горизонтальная, В—вертикальная)	Разряд зрительной работы	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более[2]
				Комбинированное освещение		Общее освещение		
				общее+местное	общее			
Сборочные цеха станкостроения[3]								
Участок сборки	Сборочные единицы	Г, В	IIIб	1000	150	—	40	20/15
Общий монтаж станков	Станок	В	IIIб	—	—	300	40	15
Сборка инструмента	Стол	Г	Iв	2500	300	—	20	20/10
Сборочные цеха машиностроения[4]								
Сборка крупных изделий	Изделие	Г	IVа	750	150	300	40	20
Сборка крупных изделий на конвейерах	»	Г	IVа+1[5]	1000	150	300	40	20
Сборка мелких изделий	»	Г	IIIа	2000	200	500	40	15
Сборочные цеха приборостроения[4]								
Участки предварительной узловой сборки с проверкой качества и доводкой	Изделие	Г	Iб	4000	400	—	20	10
Участки чистовой сборки	»	Г	Iб+1[6]	5000	500	—	20	10
Сборочные цеха электромашиностроения[4]								
Сборка коллектора, контактных колец, траверс и др.	Изделие	Г, В	IIIб	1000	150	300	40	15
Сборка сердечников гидро- и турбогенераторов	»	Г	IVа	750	150	300	40	20
Укладка обмоток ротора, статора	Поверхность пазов	Г, В	IIIб	1000	150	—	40	15
Сборочные цеха электроламповых заводов[4]								
Сборка цоколей для люминесцентных ламп	Карусель	Г	IVб	500	150	—	40	20
Сборка люминесцентных ламп (монтаж ножек)	Стол	Г	IIб	3000	300	—	40	20/10
Укладка спирали, откачка и нвполиение, надевание цоколей	Оборудование	Г, В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
Сборочные цеха светотехнических заводов[4]								
Сборка светильников	Рабочий стол, конвейер	Г	IIIб	1000	150	300	40	20/15
Сборка ПРА	То же	Г	IVб	500	150	200	40	20
Сборка ЭУ	Конвейер	Г	IIIа	2000	200	500	40	20/15
Сборочные цеха заводов по производству низковольтной аппаратуры и комплектных устройств[7]								
Предварительная сборка и сборка окончательная	Стол, изделие	Г, В	IIIб+1[6]	1250	150	400	20	20/10
Сборочные цеха других электротехнических производств[4]								
Сборка трансформаторов:								
I—III габаритов	Сборочный стол	В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
IV—VI габаритов	Стеллаж	В	IVб	500	150	200	40	20/15
Ручная сборка блоков, батарей химических источников тока при размерах объекта различения, мм:								
0,5—1	Стол	Г	IVб	500	150		40	20
0,3—0,5	»	Г	IIIб	1000	150		40	20/15
0,15—0,3	»	Г	IIб	3000	300		20	20/10
менее 0,15	»	Г	Iб	4000	400		20	20/10
Сборочные цеха деревообрабатывающих заводов[8]								
Участки сборки дверных коробок и оконных блоков	Дверное полотно, створка	Г	IVв			200	40	20
Визуальный контроль сборки	Стол	Г	IIIг+1[6]	500	150	300	40	20/15
Комплектовка и контрольная сборка мебели	Изделие	Г	IV б, в			200	40	20
Сборка лыж	Стол	Г	IVв+1[9]	500	150	200	40	20

[1] Коэффициент неравномерности регламентируется в соответствии с п. 4.9 [44].

[2] В числителе — максимально допустимое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе — для местного освещения и для системы общего освещения.

[3] Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 500 лк.

[4] Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 300 лк.

[5] Нормированная освещенность повышена на одну ступень, так как объекты различения расположены на движущихся поверхностях.

[6] Нормированная освещенность повышена на одну ступень, так как напряженная зрительная работа проводится непрерывно в течение более половины рабочего дня.

[7] Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 400 лк.

[8] Общий уровень освещенности по цеху на уровне 0,8 м от пола должен быть не менее 200 лк.

[9] Норма освещенности повышена на одну ступень из-за расположения объектов различения на расстоянии 0,5—1 м от глаз работающего.

приятий деревообрабатывающей промышленности» (1978).

Выбор предпочтительного ИС для освещения во многом определяется нормативными требованиями к качеству ОУ. При выполнении практически всех сборочных операций имеют место зрительные работы I—IV разрядов, для освещения которых в соответствии с [44] должны применяться только ГЛ. Целесообразный тип ГЛ выбирают в процессе расчета конкретных вариантов. При наличии светотехнически равноценных вариантов, реализуемых с помощью различных ИС, предпочтение следует отдавать наиболее экономичным из них как по полным годовым затратам, так и по расходу электроэнергии (см. § 10.5).

Необходимость обеспечения для точных зрительных работ комфортной световой среды приводит к предпочтительному использованию ГЛ с малой пульсацией светового потока и спектром, достаточно близким к дневному свету. Поэтому для общего освещения, когда специфические требования к цветоразличию и цветопередаче отсутствуют, в первую очередь рекомендуются ЛЛ типа ЛБ. При этом в низких помещениях (высота потолков до 6 м) освещение может быть реализовано ОП с КСС Д-1; Д-2 и Г-1, а в более высоких — Г-2; Г-3 и Г-4. Однако необходимость обеспечения достаточно высоких уровней освещенности (см. табл. 12.24) в сравнительно высоких цехах (рис. 12.20) требует мощных ОУ. Малая единичная мощность ЛЛ (40, 65 или 80 Вт) приводит в этих условиях к резкому и во многих случаях неприемлемому росту количества ОП. Этого можно избежать, используя ГЛВД мощностью от 250 до 2000 Вт. Применение ламп ДРЛ в ОУ высоких сборочных цехов (вместо ЛЛ) может сделать освещение более экономичным и удобным в эксплуатации, но требует специальных мер по улучшению цветовой среды в помещении и снижению пульсации освещенности на рабочих местах [12.16]. Первое условие может быть частично реализовано благодаря окраске стен и оборудования в теплые, светлые тона. Когда это возможно, целесообразно также применять лампы ДРЛ с улучшенным спектром, например их модификации с ортованадатом иттрия, активированным европием (см. разд. 4). В некоторых случаях положительный эффект при одновременном повышении экономичности освещения может быть получен за счет использования в одной ОУ ГЛ двух типов, например ДРЛ и ДНаТ в ОП типа ЖСП14 (см. табл. 12.3). Для снижения пульсации освещенности на рабочих местах сборщиков при использовании ламп ДРЛ необходимо предусматривать их расфазировку. Перспективными для освещения сборочных цехов являются МГЛ, которые могут постепенно вытеснить лампы ДРЛ из сборочных цехов ввиду меньшей, чем у ДРЛ, пульсации их светового потока.

При существующих технических и экономических параметрах МГЛ (см. разд. 4) применение их может быть экономически выгодно (по полным годовым затратам) [10.20] в сборочных цехах средней высоты (6—10 м), где ОП с ЛЛ трудно эксплуатировать, а ОУ с лампами ДРЛ сравнительно дороги ввиду необходимости применения большого количества маломощных ОП, располагаемых по два или три в одной точке для ограничения пульсации освещенности на рабочей поверхности. В сборочных цехах высотой 10—18 м необходимость снижения коэффициента пульсации при использовании ламп ДРЛ уже не вызывает удорожания освещения [10.20]. С энергетической точки зрения применение ОП с МГЛ выгодно при всех высотах [10.20]. Лампы НЛВД можно использовать при освещении высоких цехов (более 10 м), где проводится генеральная сборка. Однако в силу специфики характеристик их излучения НЛВД следует применять в ОУ смешанного света, сочетая их либо с ДРЛ, либо с МГЛ [10.20].

Условия среды в большинстве сборочных цехов нормальные, что позволяет использовать для их освещения открытые ОП со степенью защиты IP20. Выбор конкретного типа ОП проводится с учетом строительных параметров помещения и специфики зрительной работы (табл. 12.25).

В некоторых сборочных цехах, где объекты наблюдения сильно блестят, зрительные условия могут быть ухудшены за счет возникновения отраженной блескости. Для снижения слепящего действия отраженных бликов необходимо использовать ОП с уменьшенной яркостью выходного отверстия, в частности ОП с рассеивателями. В сборочных цехах, где по условиям технологии в помещении предусмотрены подвесные потолки (например, термоконстантные участки цехов прецизионного станкостроения), должны использоваться встраиваемые ОП. В случаях, когда необходимо обеспечивать высокий уровень горизонтальной и вертикальной освещенности, на большинстве рабочих мест можно использовать ОП с КСС типа Л. Когда на основных рабочих местах и в цехе требуется обеспечить только нормируемый уровень горизонтальной освещенности, а необходимую вертикальную освещенность надо создать в одной или двух фиксированных плоскостях (например, в плоскости сборочного конвейера на автомобильном заводе), освещение выполняется светильниками общего равномерного освещения, дополненными ОП общего локализованного освещения. В этом случае в качестве ОП для локализованного освещения используют кососветы.

Для многих сборочных цехов, где рекомендуется система комбинированного освещения, необходимы ОП местного освещения. Местное освещение в зависимости от технологии производства и характера организации рабочих мест может создаваться двумя различными способами. При первом каждое рабочее место комплектуется индивидуальным ОП местного освещения. Второй способ пригоден для освещения группы компактно расположенных в пространстве рабочих мест, таких, например, как конвейеры, поточные линии и т. п. (В этом случае первый способ освещения может также применяться, но с меньшей экономичностью). Более эффективно освещение группы рабочих мест, выполняемое с помощью линии ОП местного освещения. Местное освещение участков регулировки или настройки ряда приборов имеет определенную специфику, связанную с повышенными требованиями к ограничению радиопомех. Иногда такие рабочие места оборудуют в специальных экранированных кабинах. В этом случае для местного освещения могут быть использованы ОП с ЛН. При необходимости применения ОП местного освещения в средах, существенно ухудшающих светотехнические свойства отражателей, следует использовать в ОП диффузные или зеркальные ЛН с внутренним отражающим слоем. Такие ОП удобны также для освещения мест наладки, регулировки и градуировки, где используются приборы со световыми указателями, требующие при общем затенении рабочего места локализованного высвечивания шкал, и т. п.

Выбор способа расположения ОП общего освещения в сборочных цехах зависит от принятого размещения технологического оборудования. В цехах, где сборочные работы ведутся на напольных площадках или монтажных столах и верстаках, расположенных равномерно по всей площади помещения, ОП целесообразно располагать линиями, ориентированными вдоль помещения параллельно стене с окнами и размещенными по ширине пролета таким образом, чтобы создавалась равномерная освещенность по цеху (рис. 12.17, *а*, *ж*, *з*, *и* и П.5, *а*). На участках, где сборка происходит

Таблица 12.25. **Рекомендации по выбору светильников для общего освещения сборочных цехов**

Строительный модуль, м	Высота, м	Условия среды	Источник света	Коэффициент** запаса	КСС по табл. 9.4	Конструктивная светотехническая схема по табл. 5.11	Экспл. группа (табл. 5.11)	Степень защиты по табл. 5.8	Рекомендуемый тип светильника*
Сборочные цеха с нормальными и тяжелыми условиями среды									
6×6—6×18	3,6—6	Нормальные	ЛЛ	1,5	Д-2, Г-1	IБ; IВ	2 и 3	IP20	ЛД, ЛСП02, ЛСП06
6×6—6×30	6—12		ЛЛ	1,5	Г-2	IВ	2	IP20	ЛСП13
6×6—6×30	6—10		МГЛ	1,5	Г-2	IА	3	IP20	ГСП10, ГСП18
6×6—6×30	6—10	Нормальные	ДРЛ	1,5 (1,6)	Г-1	IА	5	5'0	УПДДРЛ*, РСП20
				1,5	Г-1	IА	2	IP20	СД2ДРЛ, РСП05
				1,5	Г-1	IА	2	IP20, 5'4	РСП08*, РСП13*
				1,5 (1,6; 1,8)	Г-1	IА, IVА	4 и 7	IP60, 5'0	РСП14*
				1,5	Г-1	IА	2	IP20	РСП17, РСП18
				1,5 (1,6)	Д-1, Г-1	IIА, IVА	6 и 7	IP60	РСП11*, РСП12*
6×6—6×30	8 и выше	Нормальные	ДРЛ	1,5	Г-3	IА	3	IP23, IP20	РСП05, РСП08
				1,5	Г-3	IА	3	IP20	СЗ4ДРЛ, РСП17
				1,5 (1,8)	Г-3, К-2	IА	3	IP20, 5'4	РСП10, РСП13
				1,5 (1,6; 1,8)	Г-4	IVА, IА	7 и 4	IP60, 5'0	РСП14*
				1,5	Г-2, Г-4, К-2	IА	2 и 3	IP20	РСП18, СЗ5ДРЛ
6×12—6×30	10 и выше	Нормальные	МГЛ, НЛВД	1,5 (1,6)	Г-4, К-2	IА, IVА	3 и 7	IP20, IP53	ГСП10*, ГСП18*
			МГЛ	1,5 (1,6)	Г-4, К-2	IА	3 и 7	IP23, IP53	ЖСП01*
			НЛВД	1,5 (1,6; 1,8)	Г-2, Г-3	IVА, IА	4 и 7	IP60, 5'0	ГСП14*, ЖСП14*
			МГЛ	1,5	Г-3, К-1	IА	3	IP20	ГСП17
			НЛВД	1,5	Г-4, К-2	IА	3	IP20	ЖСП17
Сборочные работы с блестящими изделиями									
6×6—6×18	3,6—6	Нормальные	ЛЛ	1,5	Д-1	IIIБ	2	IP20	УСП, перекрытый молочным рассеивателем
				1,5	Д-1	IIIВ	2	IP20	Л2010М (перекрытый молочным рассеивателем)
				1,5	Д-1	IIIВ	2	IP20	ЛПО02, ЛПО03, ЛПО28
Сборочные цеха с подвесными потолками									
6×6—6×24	3,6—10	С повышенными требованиями к чистоте, температуре и т. п.	ЛЛ	1,3	Г-1	IVВ	7	IP54	ЛВП04
				1,3	Г-1	IVВ	7	IP53, IP54	ЛВП31, ЛВП33
При необходимости обеспечения вертикальной освещенности в целом по цеху									
6×6—6×24	3,6—10	Нормальные	ЛЛ	1,5	Л	IВ	2	IP20	ЛСП13
6×6—6×24	6—15	»	ДРЛ	1,5(1,6)	Л	IА	3	IP20, 5'0	РСП08
При необходимости обеспечения вертикальной освещенности в отдельных зонах помещения (локализованное освещение)									
6×6—6×30	3,4—8	Нормальные	ЛЛ	1,5	Кососвет	IБ	2	IP20	ЛСП02
6×6—6×30	6—12	»	ДРЛ	1,5	Кососвет	IА	5	5'0	УПСДРЛ, РСП19
Местное освещение отдельных рабочих мест									
Любой	Любая	Нормальные	ЛЛ	1,0	—	IIIБ	2	2'0	ЛНП01
		Тяжелые	ЛЛ	1,0	—	IVБ	7	X4	ЛКС01
		Нормальные	ЛН	1,0	—	IА	4	IP20	НКС01 с лампами МОД или МОЗ, СГС-1
		Тяжелые	ЛН	1,0	—	IVА	7	IP65	НКП01
*Местное освещение групп компактно расположенных рабочих мест****									
Любой	Любая	Нормальные	ЛЛ	1,0	Д-2	IВ	2,3	IP20	ЛСП02
		То же	ЛЛ	1,0	Л	IВ	2	IP20	ЛСП13
		»	ЛЛ	1,0	Д-1	IIIБ	2	IP20	УСП, ЛПО02
		»	ЛЛ	1,0	Д-1	IIIБ	2	IP20	ЛПО03, ЛПО28

* Могут использоваться также в помещениях с тяжелыми условиями среды.

** В скобках указаны коэффициенты запаса для ОУ помещений с тяжелыми условиями среды: 1,6—при 5—7-й эксплуатационной группе используемого светильника, 1,8 — во всех остальных случаях.

*** При расположении светильников выше уровня глаз необходимо использовать защитные козырьки.

на рабочих столах и верстаках, организованных в ряды, или на конвейерах (при отсутствии блестящих деталей), ОП необходимо располагать линиями над рядами рабочих мест (рис. 12.17, *в—д*). Особенно важно следовать этой рекомендации в цехах сборки крупных изделий, где возможно затенение рабочих мест эле-

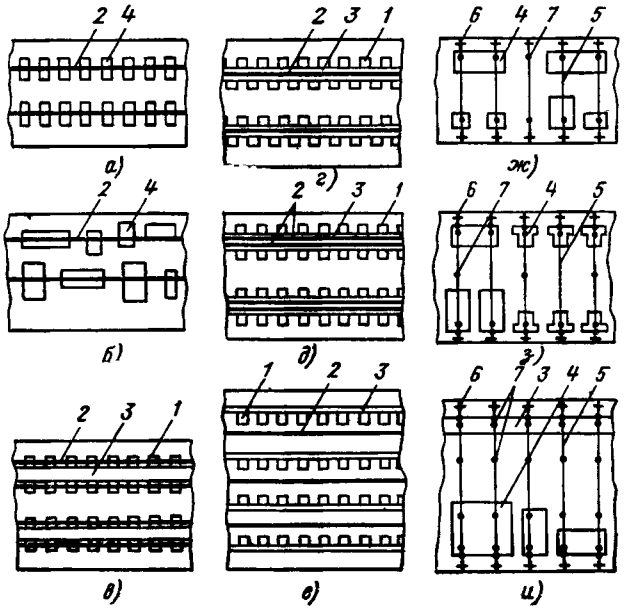


Рис. 12.17. Схемы размещения светильников общего освещения в сборочных цехах.

1 — рабочее место за конвейером; *2* — линия люминесцентных светильников; *3* — конвейерная линия (транспортер); *4* — оборудование; *5* — ферма; *6* — колонна; *7* — светильник с ГЛВД.

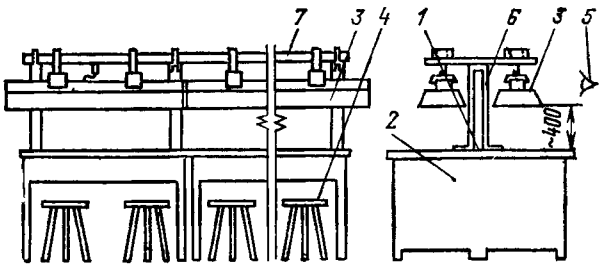


Рис. 12.18. Схема местного освещения конвейера сборки малых изделий (работа сидя).

1 — транспортер; *2* — стол сборки; *3* — линия люминесцентных светильников; *4* — стул; *5* — расположение глаз работающего; *6* — стойка для крепления линия светильников на магистральном шинопроводе; *7* — магистральный шинопровод.

ментами оборудования или самими изделиями (например, при сборке трансформаторов больших габаритов, крупных электрических машин и др.). В этом случае применяется только система общего локализованного освещения (рис. 12.17, *б*).

При сборке блестящих изделий наилучшие условия зрительной работы обеспечиваются при размещении ОП, позволяющем избежать попадания отраженных бликов в глаза работающих. Часто это может быть достигнуто размещением ОП над проходами между рядами рабочих мест (рис. 12.17, *е*).

Светильники общего освещения с ЛЛ рекомендуется устанавливать в линии: сплошные, или с разрывами с продольным расположением в них ОП. Линии ОП можно монтировать на монтажных коробах, шинопроводах, крепить на тросах, стальных трубах, перфорированных профилях и пр. [12.17, 12.18]. Круглосимметричные ОП с ГЛВД крепятся в основном к фермам перекрытий с интервалом в линии, равным шагу колонн, т. е. 6 или 12 м.

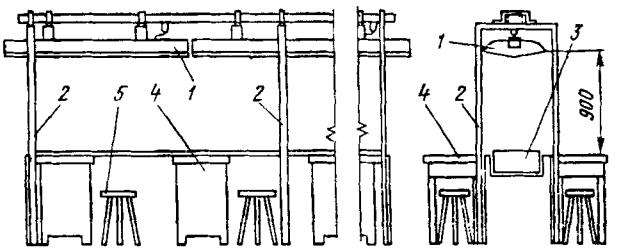


Рис. 12.19. Схема энергоэкономичного местного освещения конвейера сборки изделий средних размеров (работа сидя).

1 — линия светильников с КСС типа Л; *2* — стойка; *3* — транспортер; *4* — стол, *5* — стул.

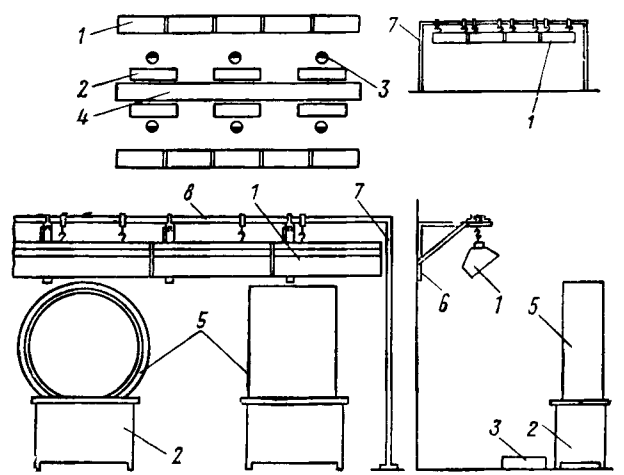


Рис. 12.20. Схема локализованного освещения конвейера сборки крупных изделий (работа стоя).

1 — линия «Кососветов»; *2* — стол электромонтажника; *3* — рабочее место; *4* — транспортер; *5* — изделие; *6* — кронштейн для крепления светильников; *7* — стойка с магистральными коробами; *8* — магистральный короб.

Пример индивидуального освещения рабочего места на конвейере приведен на рис. П.6, *а*. При сборке очень мелких изделий, требующей высоких уровней освещенности, двусторонний конвейер должен освещаться двумя линиями ОП местного освещения, каждая из которых проходит над рядом рабочих мест (рис. 12.18 и П.5, *в*).

Сборка изделий средних и больших размеров иногда проводится на напольных или подвесных конвейерах (работа стоя или сидя). Необходимая в этих условиях вертикальная освещенность в плоскости конвейера может быть обеспечена с помощью освещения, реализуемого по схемам, приведенным на рис. 12.19 и 12.20. Линии кососветов с ЛЛ, освещающие вертикальные поверхности, следует располагать так,

Таблица 12.26. Параметры осветительных установок сборочных цехов ($E_н$=300 лк, $K_з$=1,5, H=8 м, двухламповые светильники с люминесцентными лампами типа ЛБ мощностью 65 Вт)

Строительный модуль, м	Количество линий светильников	Параметры осветительных установок при необходимости обеспечения горизонтальной освещенности: Расстояние, м: от стены до первой линии светильников	между первой и второй линиями светильников	между второй и третьей линиями светильников	Количество светильников в линии на модуль: Кривая силы света Д-2*, Г-1: в крайней линии	в центральной линии	удельная мощность, Вт/м²	Кривая силы света Г-2: в крайней линии	в центральной линии	Удельная мощность, Вт/м²	Параметры осветительных установок при необходимости обеспечении вертикальной освещенности: Расстояние, м: от стены до первой линии	между линиями	Количество светильников в линии на модуль при кривой силы света типа Л: в крайней линии	в средней линии	Удельная мощность, Вт/м²
6×9	2	1,5	6,0	—	5,8	—	28,0	3,2	—	15,4	2,0	5,0	8,7	—	41,6
	3	1,0	3,5	3,5	3,8	3,8	27,5	—	—	—	—	—	—	—	—
6×12	2	2,0	8,0	—	6,6	—	23,9	3,8	—	13,8	3,0	6,0	7,3	—	26,5
	3	1,5	4,5	4,5	4,3	4,3	23,3	—	—	—	2,0	4,0	6,3	6,3	34,0
6×15	2	2,5	10,0	—	7,9	—	22,8	4,8	—	13,8	4,0	7,0	8,7	—	25,1
	3	2,0	5,5	5,5	6,0	3,5	22,5	4,0	1,4	13,5	2,0	5,5	6,6	6,6	28,7
6×18	2	3,5	11,0	—	8,0	—	19,2	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	2,0	7,0	7,0	6,4	4,3	20,5	3,3	2,5	10,9	3,0	6,0	6,4	6,4	23,1
	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,5	4,0	5,2	5,2	25,6
6×21	2	4,0	13,0	—	8,7	—	18,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	2,5	8,0	8,0	7,5	4,3	19,8	4,0	2,8	11,1	4,0	6,5	7,3	7,3	22,6
	4	2,0	5,0	7,0	5,5	3,7	19,0	—	—	—	3,0	5,0	5,5	5,5	2 ,7
6×24	3	3,0	9,0	9,0	8,7	4,3	19,5	4,3	2,1	9,6	—	—	—	—	—
	4	2,0	6,0	8,0	6,4	4,3	19,3	3,3	2,2	9,9	3,0	6,0	6,4	6,4	23,0
	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	5,0	5,1	5,1	23,1

* За исключением светильников с рассеивателями, указанных в табл. 12.27 (раздел «Сборочные работы с блестящими изделиями»).

Таблица 12.27. Параметры осветительных установок сборочных цехов [двухламповые светильники с рассеивателями (кривая силы света типа Д) с люминесцентными лампами типа ЛБ мощностью 65 Вт, $E_н$=300 лк, $K_з$=1,5]

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильника над полом, м	Количество светящих линий	Расстояние от стены до первой линии светильников, м	Расстояние между первой и второй линиями, м	Количество светильников в линии на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²
6×9	4	3	1,0	3,5	2,7	24,3
		2*	1,5	6,0	4,3	25,4
	6	3	1,0	3,5	3,4	30,5
		2*	1,5	6,0	5,2	30,8
	8	3	1,0	3,5	4,0	35,6
		2*	1,5	6,0	6,0	35,6
6×12	4	3	1,5	4,5	3,8	25,0
		2*	2,0	8,0	5,4	24,3
	6	3*	1,5	4,5	4,6	30,6
		2*	2,0	8,0	6,6	29,6
	8	3*	1,5	4,5	5,5	36,5
		2*	2,0	8,0	8,5	38,8

* Сдвоенные линии.

Таблица 12.28. Параметры осветительных установок сборочных цехов ($E_н$=300 лк, $K_з$=1,5, светильники с лампами ДРЛ)

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильников, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номера схем по рис. 12.5 и 12.7	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²
6×9	6	Д-2, Г-1	400	1, IV	2×2	29,6
	8	Д-2, Г-1	400	6	4,0	29,6
	10	Д-2, Г-1	400	8	5,0	37,0
	10	Г-3	700	1, III	2,0	25,9
	10	Д-2, Г-1	700	3, III	3,0	39,0
6×12	6	Д-2, Г-1	400	10, III	4,0	22,2
	8	Д-2, Г-1	400	8	5,0	27,7
	10	Д-2, Г-1	400	3, IV	3×2	33,4
	10	Г-3	700	4	2,5	24,4
	12	Д-2, Г-1	400	3, IV	3×2	33,4
	12	Г-3	700	4	2,5	24,4
6×15	6	Д-2, Г-1	400	11	5,0	22,3
	8	Д-2, Г-1	400	12	6,0	26,7
	10	Д-2, Г-1	700	6	4,0	31,0
	10	Г-3	700	4	2,0	19,5
	12	Д-2, Г-1	700	6	4,0	31,0
	12	Г-3	700	3, III	3,0	24,3
	14	Г-3	700	5	3,5	27,3
	14	Г-4	700	3, III	3,0	23,4
6×18	6	Д-2, Г-1	400	12	6,0	22,4
	8	Д-2, Г-1	700	6	4,0	25,9

Продолжение табл. 12.28

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильников, м	КСС по табл. 9.4	Мощность светильника, Вт	Номера схем по рис. 12.5 и 12.7	Количество светильников на модуль, шт.	Удельная мощность, Вт/м²
6×18	10	Д-2, Г-1	700	7	4,5	29,0
	10	Г-3	700	3, III	3,0	19,5
	12	Д-2, Г-1	700	8	5,0	32,3
	12	Г-3	700	5	3,5	22,7
	14	Г-3	700	6	4,0	25,9
	14	Г-4	700	3, III	3,0	19,4
	16	Г-3	700	8	5,0	32,3
	16	Г-4	700	6	4,0	26,8
	16	К-1	700	3, III	3,0	19,4
	18	Г-3	700	8	5,0	32,3
	18	Г-4	700	7	4,5	29,0
	18	К-1	700	6	4,0	25,9
6×21	6	Д-2, Г-1	400	13	7,0	22,0
	8	Д-2, Г-1	700	7	4,5	25,0
	10	Д-2, Г-1	700	8	5,0	27,7
	10	Г-3	700	10, III	4,0	22,2
	12	Д-2, Г-1	1000	6	4,0	31,7
	12	Г-3	700	6	4,0	22,2
	14	Г-3	700	7	4,5	25,0
	14	Г-4	700	5	3,5	19,4
	16	Г-3	700	8	5,0	27,7
	16	Г-4	700	7	4,5	24,8
	16	К-1	700	5	3,5	19,4
	18	Г-3	700	3, IV	3×2	33,3
	18	Г-4	700	8	5,0	27,8
	18	К-1	700	6	4,0	22,2
6×24	6	Д-2, Г-1	400	10, IV	4,0×2	22,2
	8	Д-2, Г-1	700	8,11	5,0	24,3
	10	Д-2, Г-1	700	3,12	6,0	29,1
	10	Г-3	700	10, III	4,0	19,4
	12	Д-2, Г-1	1000	7	4,5	31,2
	12	Г-3	1000	3, III	3,0	20,8
	14	Г-3	700	8	5,0	24,3
	14	Г-4	700	7	4,5	21,8
	16	Г-3	1000	6	4,0	27,7
	16	Г-4	700	8	5,0	24,3
	16	К-1	700	6	4,0	19,4
	18	Г-3	700	3, IV	3×2	29,0
	18	Г-4	1000	6	4,0	27,7
	18	К-1	700	7	4,5	21,8
6×30	12	Г-3	700	11	5,0	19,4
	14	Г-3	700	12	6,0	23,3
	14	Г-4	700	11	5,0	19,4
	16	Г-3	700	13	7,0	27,2
	16	Г-4	700	12	6,0	23,3
	16	К-1	700	11	5,0	19,4
	18	Г-3	1000	11	5,0	27,8
	18	Г-4	700	13	7,0	27,2
	18	К-1	700	12	6,0	23,3

чтобы расстояние между ними (в плане) было приблизительно равно высоте подвеса ОП над горизонтальной поверхностью, проходящей на уровне глаз работающего. Пример ОУ с использованием кососветов представлен на рис. П.6, *в* и П.6, *г*.

Расчет ОУ общего освещения, удовлетворяющей нормативным требованиям, может быть проведен на основе материалов, содержащихся в [26] и разд. 9. Варианты типовых решений общего освещения сборочных цехов, расположенных в помещениях с типовыми строительными параметрами, приведены в табл. 12.26—12.28. Они рассчитаны для наиболее часто встречающегося в сборочных цехах уровня освещенности $E_в$ = =300 лк. Использование табл. 12.26 аналогично пользованию табл. 12.22. То же относится и к табл. 12.27 за исключением необходимости внесения коррективов по высоте подвеса ОП. Рекомендации, содержащиеся в табл. 12.28, следует применять с учетом всех примечаний, данных к табл. 12.15—12.18.

Электрическая часть ОУ выполняется в соответствии с рекомендациями разд. 10.

Более полно вопросы, связанные с решением освещения сборочных цехов, рассмотрены в [12.19—12.22].

12.3.4. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЦЕХА

Гальванические цеха широко распространены, так как существуют на заводах многих отраслей промышленности. Основным технологическим процессом в гальванических цехах является электрохимическое нанесение на различные изделия или их элементы тонких защитных пленок, в том числе металлопокрытий. Наиболее часто встречаются никелирование, хромирование цинкование, оксидирование, лужение, меднение, иногда — электрофосфатирование; в отдельных отраслях производства (часовые заводы, ювелирные фабрики, предприятия по изготовлению оргтехники и др.) используются золочение, серебрение, а также специфическая электрохимическая обработка — анодирование. Технологическая цепочка складывается из следующих основных элементов: подготовительных операций (приготовление растворов, мойка, травление), нанесения защитного покрытия с контролем его качества; обработки поверхности изделия (шлифовка или полировка). В соответствии с этим в цехе, как правило, имеются три участка, расположенных обычно в отдельных помещениях. Мойка и травление проводятся в специальных ваннах. Для нанесения металлопокрытия изделия проходят цепочку ванн.

Иногда отдельные процессы осуществляются в колоколах. Наиболее современным технологическим оборудованием являются автоматизированные линии, включающие в себя весь цикл операций металлизации. Контроль качества покрытия обычно осуществляется непосредственно на «выходе» из ванн; иногда эта операция выполняется на отдельном столе или даже локализованна на специальном участке, вынесением за пределы помещения с ваннами. Шлифовка или полировка происходит на специальных станках, в том числе и многопозиционных. Контроль качества обработки поверхности осуществляется самим шлифовщиком. Если качество полировки или шлифовки существенно влияет на эффективность производственного процесса или товарную стоимость изделия, например при изготовлении корпуса наручных часов или ювелирных изделий, то визуальный контроль отделки выносится на отдельное рабочее место. При необходимости обнаружения «на глаз» очень малых дефектов пост контроля может быть оборудован проекционным аппаратом.

Зрительные работы на участке покрытия сводятся к проверке качества подготовки поверхности деталей, визуальному контролю операций по загрузке деталей в ванны, контролю показаний электроизмерительных приборов и проверке качества покрытий на выходе из ванн. В отделениях шлифовки и полировки визуальный контроль качества обработки покрытия осложняется наличием блестящих поверхностей, что может приводить к ослеплению работающих из-за высокой отраженной блескости. Требования к цветоразличению, как правило, отсутствуют, за исключением, случаев, когда необходимо различать детали с двумя близкими «на глаз» видами покрытия (например, при комплектации элементов корпуса наручных часов и наличии двух видов золочения). В большинстве гальванических цехов общепромышленных производств объекты различения (элементы обрабатываемой детали или дефекты в покрытии) имеют размер от 0,15 до 1 мм, их фотометрический контраст с фоном — малый или средний. Приготовление растворов не требует различения мелких деталей. В ряде случаев бывает необходимо лишь общее наблюдение за ходом производственного процесса.

Таблица 12.29. Нормируемые показатели осветительных установок гальванических цехов

Цех, участок, рабочая операция, оборудование	Рабочая поверхность	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность, лк			Показатель ослепленности P, не более	Коэффициент пульсации $K_п$, %, не более[3]
				Комбинированное освещение		Общее освещение		
				общее+местное	общее			
Общий уровень освещенности по цеху	0,8 м от пола	Горизонтальная			300	300	—	—
Ванны (травление, мойка, металлопокрытие), автоматические линии металлопокрытий	То же	То же	IVб+ +1[1]	—	—	300	40	20
Измерительные приборы	Шкала	Плоскость расположения шкалы	IVг	300	150	150	40	20
Шлифовальные или полировальные станки	Обрабатываемое изделие	Горизонтальная	IIв	2000	300[2]		20	20/10
Рабочие места ОТК с визуальным контролем качества изделий	Стол	То же	IIв	2000	300		20	20/10

[1] Освещенность повышена на одну ступень из-за опасности травматизма.
[2] Освещенность от общего освещения нормируется по разряду IIIв. Светильники местного освещения должны иметь рассеиватели. При яркости рассеивателя в пределах 2500—4500 кд/м² обеспечение указанной освещенности не обязательно.
[3] В числителе — значение $K_п$ для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе — для местного освещения и для системы общего освещения.

Примечание. Коэффициент неравномерности освещенности на рабочих местах не должен превышать 2 при использовании ОП с ГЛВД и 1,5 — при ОП с ЛЛ.

Изложенные выше особенности зрительных задач требуют применения системы комбинированного освещения при выполнении ОУ на участках шлифовки и полировки, а также на местах контроля показаний измерительных приборов и проведения визуальных контрольно-браковочных операций (измерительные приборы допустимо освещать также системой общего локализованного освещения). Во всех остальных случаях, т. е. при освещении участков покрытия, приготовления растворов, мойки и обезжиривания, следует использовать систему общего освещения. В табл. 12.29 приведены нормируемые показатели освещения для гальванических цехов, рекомендуемые действующими нормативными документами [44, 12.12, 12.25 и 12.26], а также «Отраслевыми нормами искусственного освещения предприятий электротехнической промышленности» (ч. 1 и 2. М.: Информэлектро, 1974 и 1976).

При освещении цехов металлопокрытий рекомендуется использование ГЛ. Применение ЛН допустимо лишь в отдельных случаях, когда необходимые по условиям среды ОП с ГЛ отсутствуют.

Гальванические цеха за редкими исключениями располагаются в небольших помещениях малой и средней высоты (3—10 м). Цеха металлопокрытий с автоматизированными линиями, вдоль которых обычно проложены на высоте около 1 м от пола мостки для прохода обслуживающего персонала, имеют высоту около 6—10 м. Ширина пролета лежит в пределах 6—18 м. Помещения бывают одно- и двухпролетные. Верхнее пространство может быть заполнено коробами вентиляционной системы и элементами внутрицеховых транспортных систем (кранами, кран-балками, монорельсами и др.).

При высоте потолка до 6 м для освещения целесообразно использовать ОП с ЛЛ, а при больших высотах — с МГЛ или ДРЛ. Участки покрытия относятся к сырым помещениям с химически активной средой, поэтому для их освещения следует использовать ОП специального исполнения со степенью защиты не менее 5'0, отражатели которых должны иметь покрытие Т или СТ (см. табл. 5.11).

На участках предварительной обработки (например, в камерах травления, обезжиривания и др.) по условиям технологии иногда необходимо локализованное размещение ОП общего освещения. При возможности попадания ОП в зону высокой концентрации паров кислот или щелочей целесообразны ОП с корпусом из фарфора или стеклопластика. Применение ОП с корпусами из алюминия в щелочных средах недопустимо.

Для освещения участков шлифовки или полировки, характеризующихся повышенным содержанием пыли и возможностью возникновения отраженной блескости, а также для рабочих мест ОТК рекомендуется применять уплотненные ОП с рассеивателями. Их использование позволяет значительно снижать отраженную блескость, возникновение которой возможно при наблюдении блестящих изделий. Уменьшение ослепленности достигается снижением яркости выходного отверстия ОП, перекрытого рассеивателем, а также рациональным размещением ОП относительно рабочих мест.

Выбор типа ОП местного освещения участков визуального контроля зависит от того, где расположены рабочие места: в том же помещении, что и ванны, или на отдельном участке, выиесенном в помещение с нормальными условиями среды. В первом случае ОП должен иметь степень защиты не менее 5'0, во втором могут быть использованы обычные ОП местного освещения.

Местное освещение шлифовальных станков должно осуществляться специальными ОП местного освещения с рассеивателями, имеющими степень защиты не ниже IP5X. Рекомендуемые типы ОП для освещения гальванических цехов приведены в табл. 12.30.

Технологическое оборудование в гальванических цехах располагается, как правило, рядами вдоль помещения, изредка оно бывает равномерно распределено по всей площади. Светильники общего освещения с любыми ИС рекомендуется устанавливать в линии, ориентированные вдоль помещения. Светильники общего освещения с ЛЛ надо располагать в линиях продольно. На участках шлифовки или полировки, а также

Таблица 12.30. **Рекомендуемые типы светильников для освещения гальванических цехов**

Строительный модуль, м	Высота, м	Условия среды	Источник света	Коэффициент запаса $K_з$	КСС по табл. 9.4	Конструктивная светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Тип светильника
Общее равномерное освещение участков мойки, травления, покрытия									
6×6—6×18	3—6	Химически агрессивная	ЛЛ(ЛБР)	1,6; 1,8	Д-2	IБ, IIБ, VIIГ	2, 3, 6	5′1, 5.0	ЛСП12, ПВЛМ
6×6—6×18	3—6	То же	ЛЛ	1,8	Д-2, Г-1	IБ, IIВ	2	5′1, 5′0	ЛСП12, ПВЛМ-Д
6×6—6×18	6—10	»	ДРЛ	1,6	Д-1	IА	5	5′0	УПДДРЛ
6×6—6×18	6—10	»	ДРЛ	1,6	Д-1, Г-1	IIА, VIА	6,7	IP60	РСП11
Локализованное освещение в травильных камерах и др.									
Любой	Любая	В-Iа, В-Iб, В-II, В-IIа и химически агрессивная	ЛЛ	1,6	М	VIБ	6	Повышенной надежности против взрыва	НОГЛ*
		Химически агрессивная	ЛЛ	1,6	Д-1	IVВ	7	IP54	ЛСП14, ПВЛП с защитным козырьком
			ЛН	1,5	М	IА	4	IP32	НСП04
		Химически агрессивная, В-II, В-IIа	ЛН	1,3	Д-1	VIА	6	Взрывонепроницаемая	ВЗГ-200АМ
		В-Iа, В-Iб, В-II, В-IIа	ЛН	1,3	Г-1, М	VА, VIА	5,6	Повышенной надежности против взрыва	Н4БН-150, Н4Б-300М
Общее освещение участков шлифовки и полировки									
6×6—6×18	3—6	Пыльная	ЛЛ	1,6	Д-1	IVВ	7	IP54	ЛСП14, ПВЛП
6×6—6×18	3—6	»	ЛЛ	1,6	Д-1	IVВ	7	IP54	ПВЛ1
Местное освещение отдельных рабочих мест									
Шлифовальные станки									
Любой	Любая	Пыльная	ЛЛ	1,0	—	IVБ	7	X4	ЛКС01
Столы контроля									
		Химически агрессивная	ЛЛ	1,0	Д-1	IVВ	7	IP54	ЛСП14, ПВЛП с защитным козырьком
		Нормальная	ЛЛ	1,0	—	IIIБ	2	2′0	ЛНП01; МЛ-2×40, ЛСП02
Шкалы приборов									
		Химически агрессивная	ЛЛ	1,0	Д-1	IVВ	7	IP54	ЛСП14, ПВЛП с защитным козырьком
		Нормальная	ЛЛ	1,0	—	IБ	2	IP20	ЛПО12

* Применение в щелочных средах недопустимо.

приготовления растворов, где возможно затенение рабочих мест корпусом работающего, линии ОП должны быть расположены непосредственно над рядами оборудования. На участках мойки, травления и металлопокрытия расположение ОП над серединой ванн не всегда удобно, так как может затруднить обслуживание ОП со стремянок. При ширине ванн до 0,8 м ОП могут быть расположены непосредственно над ними (рис. 12.21, *а*), а при ширине более 0,8 м линии ОП целесообразно сдвинуть (приблизительно на 0,5 м), разместив их над тем краем ванн, у которого расположены рабочие места (рис. 12.21, *б*). Расстояние между линиями ОП общего освещения целесообразно выбирать таким же, как расстояние между рядами оборудования, или кратным ему. При произвольном размещении оборудования по помещению линии ОП необходимо размещать равномерно, насколько это возможно, особенно при загруженности верхнего пространства вентиляционными коробами и внутрицеховыми транспортными системами. При этом ОП всегда должны быть установлены так, чтобы было исключено затенение рабочих мест любыми коммуникациями. В низких поме-

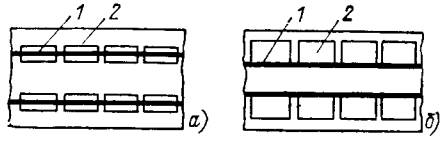


Рис. 12.21. Схема расположения линий светильников над ваннами в гальванических цехах.

а — ширина ванны не более 0.8 м; *б* — ширина ванны более 0,8 м. *1* — линия светильников; *2* — ванна.

Таблица 12.31. Параметры осветительных установок для гальванических цехов ($E_н$ =300 лк, $K_з$ =1,6, светильники с ДРЛ, КСС Д-1, Д-2 и Г-1)

Строительный модуль, м	Высота подвеса светильников над полом, м	Мощность светильника, Вт	Номера схем по рис. 12.5 и 12.7	Количество светильников на модуль, шт.	Расстояние, м		Удельная мощность, Вт/м²
					от стены до первого ряда светильников	между рядами светильников	
6×6	6	400	2	3,0	1,5	3,0	33,4
	8	700	1, II	2,0	1,5	3,0	39,0
		400	1, IV	2×2*	1,5	3,0	44,3
	10	700	2	3,0	1,5	3,0	58,4
6×9	6	400	6	4,0	1,0	3,5	29,6
	8	400	7	4,5	1,0	3,5	33,4
		400	8	5,0	1,0	3,5	37,0
	10	700	2, III	3,0	1,5	6,0	38,0
			3, III	3,0	1,0	3,5	38,0
6×12	6	400	7	4,5	1,5	4,5	25,0
			2, III	3,0	2,0	8,0	29,2
	8	700	3, III	3,0	1,5	4,5	29,2
	10	400	9	5,5	1,5	4,5	30,6
		400	3, IV	3×2*	1,5	4,5	33,3
		700	5	3,5	1,5	4,5	34,0

* Установлено по два светильника в точке.

щениях (высотой 3—4 м) ОП общего освещения следует монтировать на потолке; в более высоких цехах ОП, особенно с рассеивателями, должны быть несколько опущены, что облегчает их эксплуатацию и повышает экономичность ОУ. Отдельные варианты ОУ общего освещения для гальванических цехов приведены в табл. 12.31 и 12.32. При использовании таблиц необходимо иметь в виду, что эти варианты рассчитаны для относительно больших помещений, у которых длина в 6—7 раз превышает высоту. Поскольку часто встречаются гальванические цеха, расположенные в сравнительно небольших помещениях, приведенные данные должны быть скорректированы в сторону некоторого увеличения количества ОП (на 15—25 %).

На участках травления, мойки и обезжиривания необходимо локализованное размещение ОП общего освещения (например, в травильных камерах и др.). При выборе места расположения ОП следует учитывать необходимость ограничения ослепленности работающего из-за прямой блескости близко расположенного ОП. Светильник выгодно размещать таким образом, чтобы попадание света от него в глаза работающего исключалось путем экранирования элементами оборудования либо, если это затруднительно, за счет специально установленного защитного козырька.

Местное освещение должно быть предусмотрено на участках шлифовки и полировки, а также на рабочих местах ОТК и контроля за показаниями измерительных приборов. На шлифовальных и полировальных станках следует использовать ОП местного освещения типа ЛКС01 2×8, устанавливая его за защитным козырьком из прозрачного стекла таким образом, чтобы световой поток падал на обрабатываемое изделие и часть круга, обращенную к работающему (рис. П.5, *б*). Поскольку обрабатываемые поверхности обладают высоким коэффициентом зеркального отражения, выходное отверстие ОП местного освещения должно быть перекрыто рассеивателем.

Для местного освещения рабочих мест контролеров, расположенных непосредственно у рядов ванн, т. е. в помещении с химически активной средой, должны

Таблица 12.32. Параметры осветительных установок для гальванических цехов ($E_н$ =300 лк, $K_з$ =1,6 и 1,8, светильники с люминесцентными лампами, кривые силы света Д-1, Д-2 и Г-1)

Строительные параметры, м		Расстояние, м		Количество светильников в линии на модуль, шт., при использовании светильника типа								
				ПВЛМ с ЛБР30 ($K_з$=1,6)			ПЛВМ-Д с ЛБ65 ($K_з$=1,8)			ПВЛП, ЛСП14 с ЛБ40 ($K_з$=1,6)		
Модуль	Высота	от стены до первой линии светильников	между линиями светильников	Количество линий	Количество светильников	Удельная мощность, Вт/м²	Количество линий	Количество светильников	Удельная мощность, Вт/м²	Количество линий	Количество светильников	Удельная мощность, Вт/м²
6×9	4	2,0	5,0	2*	5,0	29,6	2*	5,1	24,6	2*	8,5	25,2
	6	2,0	5,0	2*	6,5	38,5	2*	5,3	25,6	2**	10,6	31,4
		1,5	3,0	—	—	—	—	—	—	3*	7,6	33,8
	8	2,0	5,0	2*	6,9	40,8	2*	6,5	31,2	2**	13,1	38,8
		1,5	3,0	—	—	—	—	—	—	3*	9,4	41,8
6×12	4	2,5	7,0	2*	5,4	24,0	2*	5,3	19,2	2**	10,4	23,1
		1,5	4,5	—	—	—	—	—	—	3*	7,4	24,7
	6	2,5	7,0	2*	7,0	31,1	2*	6,7	24,4	2**	12,9	27,1
		1,5	4,5	—	—	—	—	—	—	3*	8,7	29,0
	8	2,5	7,0	2*	8,1	35,6	2*	7,4	26,8	2**	13,8	30,7
		1,5	4,5	—	—	—	—	—	—	3*	9,8	32,7
6×18	4	2,5	6,5	3*	5,3	23,5	3*	5,1	18,5	3*	9,6	21,3
		1,5	5,0	—	—	—	4	3,9	18,6	—	—	—
	6	2,5	6,5	3*	6,4	28,4	3*	6,2	22,4	3**	11,5	25,6
		1,5	5,0	—	—	—	4*	4,9	23,6	4	9,2	27,4
	8	2,5	6,5	3*	7,3	32,4	3*	6,8	24,5	3**	12,8	28,4
		1,5	5,0	—	—	—	—	—	—	4*	10,3	30,4

* Сдвоенные линии.
** Строенные линии.

быть использованы ОП типов ЛСП14, ПВЛП или ПВЛ со спецнальным козырьком. Если рабочие места контроля вынесены в отдельное помещение с нормальными условиями среды, то для оборудования устаиовок местного освещения могут быть использованы ОП местного освещения в нормальном исполнении. Светильники типа ЛНП01 удобны для освещения отдельного рабочего места малой площади (диаметр высвечиваемой зоны 30—40 см). При большом размере столов контроля, а также при наличии группы таких рабочих мест местное освещение может быть реализовано по схеме

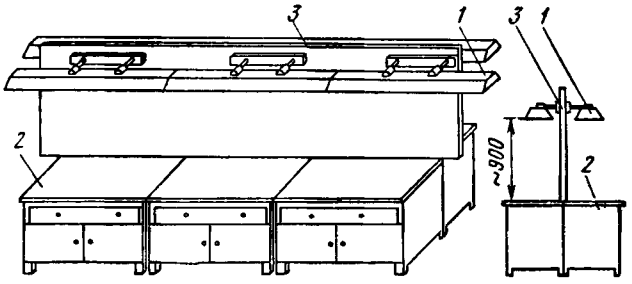


Рис. 12.22. Схема местного освещения группы рабочих мест контролеров ОТК.

1 — линия светильников; *2* — столы контроля; *3* — перегородка.

рис. 12.22. При использовании для освещения измерительных приборов, имеющих шкалы в вертикальной плоскости системы общего локализованного освещения, в качестве ОП может быть использован зеркальный ОП типа ЛП012-1×40. При необходимости локализованного освещения шкал приборов, расположенных в помещениях с химически агрессивной средой, следует использовать ОП типов ЛСП14, ПВЛП и ПВЛ1 со специальным козырьком.

Более подробно вопросы нормирования освещении в цехах металлопокрытий, а также выбора конкретных решений и способов реализации ОУ изложены в [12.25, 12.26 и 12.27].

Электрическая часть ОУ должна выполняться в соответствии с рекомендациями разд. 10.

12.3.5. ОКРАСОЧНЫЕ ЦЕХА

Окраска выпускаемой продукции является неотъемлемым процессом подавляющего большинства промышленных предприятий и производств. Широкая номенклатура окрашиваемых изделий и требования к их качеству и внешнему виду определяют разнообразие способов окраски и сушки и использование обширного ассортимента лакокрасочных материалов.

Окрасочные производства размещаются преимущественно в изолированных помещениях с широким диапазоном строительных параметров, обусловленных габаритами и конфигурацией окрашиваемых изделий, принятыми способами окраски, сушки и производственной программой. В ряде технологических процессов неогражденные окрасочные и сушильные камеры или участки бескамерной окраски и сушки располагаются в общих технологических потоках сборочных цехов. Нанесение лакокрасочных материалов на подготовленные к окраске поверхности пронзводится разными способами: пневматическим и безвоздушным распылением, распылением в электростатическом поле, окунанием, струйным обливом и др. Изделия окрашиваются в специальных камерах, а также непосредственно в цехах на сборочных и окрасочных позициях. Окрашенные изделия подвергаются сушке, чаще всего в камерах разнообразных конструкций и принципов действия и реже на местах окраски.

Наиболее широкое распространение в окрасочном производстве нашли глифталевые, пентафталевые, перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные и некоторые другие лаки и эмали с входящими в их состав легковоспламеняющимися растворителями и разбавителями с температурой вспышки паров ниже 61 °С. К последним относятся парафиновые углеводороды, ароматические углеводороды, смешанные растворители.

Для паров лакокрасочных материалов характерны следующие общие признаки:

плотиость паров достаточна велика и превышает плотность воздуха в 2—5 раз. Поэтому эти пары при аварийной ситуации, нарушениях технологического процесса и недействующей вентиляции будут стремиться к скоплению в нижних зонах помещений;

значения нижних пределов концентраций области воспламенения паров разных растворителей в воздухе в сотни раз превышают допустимые по санитарным нормам.

Повышенные требования к устройству надежной вентиляции (резервные вентиляционные агрегаты, блокировки, автоматическая сигнализация и др.) являются препятствием для образования в помещениях повышенных концентраций взрывоопасных паров, существенно превышающих допустимые по санитарным нормам [12.28].

При нормальных производственных условиях вентиляционные установкн, блокировочные и автоматические устройства обеспечивают в рабочих зовах и в помещениях концентрации в воздухе паров растворителей в пределах, установленных санитариыми нормами [12.4] и ГОСТ 12.1.005-76 [12.8].

При проектировании ОУ в окрасочных производствах важна правильная классификация взрыво- и пожароопасности окружающей среды (§ 12.2).

Многочисленными исследованиями воздушной среды, расчетами и опытом эксплуатации установлено, что в помещениях окраски при нормальных условнях образование взрывоопасных концентраций паров ЛВЖ в воздухе невозможно. Это исключает отнесение помещений окрасочных цехов и отделений к взрывоопасным зонам класса В-1 (§ 12.2). Однако необходимо считаться с тем, что при нарушении технологических процессов, аварийных ситуациях и недействующей вентляции в помещениях и на отдельных участках возможны повышеиные и даже взрывоопасные смеси паров ЛВЖ с воздухом.

В зависимости от конкретных условий основные помещения, участки и установки окрасочных цехов преимущественно относятся к взрывоопасным зонам. Рекомендуемая классификация зон окрасочиых цехов, в технологических процессах которых используются легковоспламеняющиеся растворители, приведена в табл. 12.33.

К качеству большинства окрашиваемых изделий предъявляются требования соответствия их цвета цвету эталона или утвержденного образца. Окрашенные поверхности должны быть ровными, гладкими, глянцевыми или матовыми, однотонными или с четкими надписями и другими изображениями. Качество лакокрасочных покрытий, нанесенных на поверхиость изделий, по их внешнему виду регламентируется ГОСТ 9.032-74 [12.29], согласно которому окрашиваемые поверхности в зависимости от дефектов и изъянов, таких как иаличие посторонних частиц в лакокрасочном покрытии (включения), шагрень (рябь на поверхности покрытия), потеки, риски, штрихи, волнистость, разиоттеночность и неоднородность рисунка, подразделяются на семь классов. При покрытиях I класса допускаются только

Таблица 12.33. Взрывоопасные зоны производственных, вспомогательных помещений и участков окрасочных цехов

Наименование зоны	Пространство, занимаемое зоной
Зоны класса В-Iа	
Изолированные окрасочные помещения — при расчетном объеме взрывоопасной смеси более 5 % объема помещения	Весь свободный объем помещений
То же при расчетном объеме взрывоопасной смеси менее 5 % свободного объема помещения	На расстоянии 5 м по горизонтали и вертикали от открытых проемов окрасочных и сушильных камер или от краев вытяжных решеток и габаритов окрашиваемого оборудования (при бескамерной окраске)
Окрасочные участки в общих технологических потоках производства в помещениях с невзрывоопасной средой, кроме окраски в электростатическом поле: при общей площади окрасочных и сушильных камер или участков бескамерной окраски не более 200 м² при общей площади до 2000 м² или 10 % в помещениях площадью 2000 м² и более	То же
при общей площади окрасочных и сушильных камер или участков бескамерной окраски более 200 м² при общей площади помещения до 2000 м² или 10 % при общей площади помещения более 2000 м²	В зависимости от расчетного объема взрывоопасной смеси аналогично изолированным окрасочным помещениям
Краскозаготовительные отделения	Весь свободный объем помещений
Кладовые склады, насосные станции и другие помещения для хранения и раздачи лакокрасочных материалов и ЛВЖ	То же
Вытяжные вентиляционные камеры из окрасочных помещений и участков класса В-Iа	» »
Зоны класса В-Iб	
Участки окраски в электростатическом поле	На расстоянии 5 м по горизонтали и вертикали от проемов камер или в радиусе 5 м вокруг ручных краскораспылителей

Примечания: 1. Зоны в помещениях за пределами указанных в таблице 5-метровых зон следует считать невзрывоопасными и непожароопасными, если там отсутствуют другие факторы, создающие в них взрыво- или пожароопасность.

2. Приведенная классификация зон учитывает наличие блокировок, обеспечивающих надежную работу вентиляции, средств автоматического пожаротушения на участках окраски и других защитных мероприятий, обусловленных ПУЭ и специальными правилами [12.28].

3. Классы взрыво- и пожароопасности зон других, не указанных в таблице вспомогательных и подсобных помещений окрасочных цехов соответствуют классам аналогичных помещений общепромышленного назначения.

4. Зоны участков окраски водоразбавляемыми лакокрасочными материалами относятся к невзрывоопасным и непожароопасным.

некоторые едва различимые дефекты, при покрытиях II—VI классов размеры дефектов допустимы в определенных пределах, при покрытиях VII класса показатели внешнего вида покрытий не нормируются.

Поскольку нормативные материалы, устанавливающие соотношение между классами покрытий и характеристиками зрительных работ по СНиП [44], отсутствуют, в табл. 12.34 приведены соответствующие рекомендации.

Таблица 12.34. Рекомендуемое соотношение классов лакокрасочных покрытий и разрядов зрительной работы

Класс покрытия по ГОСТ 9.032-74	Размер допустимых включений на поверхности, мм	Характеристика зрительных работ по СНиП [44]		
		Точность	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд
I	0,2	Очень высокая	0,15—0,3	II
II, III	0,2—0,5	Высокая	0,3—0,5	III
IV, V	0,5—1	Средняя	0,5—1	IV
VI	1—1,5	Малая	1—5	V
VII	—	Очень малая	—	VI

При проектировании ОУ выбор освещенности и качественных характеристик освещения окрасочных цехов и отделений проводится по отраслевым нормам освещенности. Однако в отраслевых нормах уровни освещенности в окрасочных цехах (для сопоставимых производственных процессов) имеют существенные различия, вызванные, главным образом, расхождениями между классами качества покрытий и разрядами зрительных работ. В связи с этим в табл. 12.35 приведены рекомендуемые значения освещенности и качественные показатели освещения для характерных помещений и установок окрасочных цехов.

Специфика окрасочных работ обусловливает целесообразность преимущественного использования ИС, обеспечивающих различение цветов и оттенков. Наиболее эффективны для этой цели ЛЛ типов ЛБ, ЛХБ, ЛД и ЛДЦ. Когда по светотехническим, конструктивным или экономическим соображениям применение люминесцентных ОП нецелесообразно, при отсутствии повышенных требований к цветопередаче могут быть применены лампы ДРЛ (предпочтительно с красным отношением 10 % по ГОСТ 16354-77 [49] или МГЛ). Применение ЛН в окрасочных цехах и отделениях допустимо при нецелесообразности или невозможности установки ОП с ГЛ или по иным причинам (§ 10.2).

В соответствии с характером производства и возможностью образования взрывоопасных смесей в окрасочных помещениях необходимо устройство рабочего и эвакуационного освещения. Размещение ОП эвакуационного освещения должно проводиться с учетом затенений, создаваемых окрасочными и сушильными камерами и коммуникациями.

Широкая номенклатура окрашиваемых изделий определяет применение самых разнообразных способов производства, конструкций и планировок окрасочно-сушильного оборудования. По этой причине отсутствуют обобщенные рекомендации по размещению ОП в типовых строительных модулях помещений окрасочных цехов.

Как правило, в окрасочных цехах применяют общее локализованное освещение с размещением ОП в проходах между камерами для общего наблюдения за ходом производственного процесса, над местами бескамерной окраски, на участках нанесения надписей и изображений и контроля качества окрашенных изделий. В отдельных случаях возникает необходимость устройства местного освещения (например, на участках окраски и контроля качества мелких изделий).

Для освещения взрывоопасных зон в окрасочном производстве ОП выбирают в соответствии с установленными ПУЭ минимальными уровнями и видами взрывозащиты и степенью защиты оболочек ОП от воздействия среды (см. § 12.2 и табл. 12.9 и 12.10).

Таблица 12.35. Рекомендуемые освещенности и показатели качества освещения для основных помещений и участков окрасочных цехов

Наименование помещений и производственных процессов	Класс лакокрасочных покрытий	Разряд зрительной работы [44]	Освещенность, лк		Показатель ослепленности	Коэффициент пульсации, %	Поверхность нормирования освещенности
			при комбинированном освещении	при общем освещении			
Склады и кладовые лакокрасочных материалов и ЛВЖ	—	VIIIа	—	30	—	—	—
Краскозаготовительные отделения	I—VII	IVб	500	200	40	20	Горизонтальная на уровне 0,8 м от пола
Подготовка изделий для окраски (зачистка поверхностей, шпаклевка, грунтовка)	I II, III IV, V VI, VII	IIIб IVб Vб VI	1000 500 — —	300 200 150 150	40 40 40 60	15 20 20 20	Горизонтальная и вертикальная поверхности окрашиваемых изделий
Окрасочные отделения и участки при бескамерной окраске распылением или кистевой (окраска, нанесение надписей и изображений)	I II, III IV, V VI, VII	IIб IIIб IVб Vб	3000 1000 500 —	750 300 200 150	20 40 40 40	10 15 20 20	То же
Окрасочные отделения и участки при окраске в камерах или закрытых установках для окраски окунанием и струйным обливанием	I—VII	VIIIа	—	75	60	20	В проходах между камерами и установками на уровне пола

Примечания: 1. При выполнении в общих помещениях подготовительных и окрасочных работ (без постоянного закрепления рабочих мест) следует принимать освещенности, рекомендуемые для окрасочных отделений.

2. Для специально выделенных рабочих мест контроля качества освещенности необходимо принимать на одну ступень выше норм, установленных для бескамерной окраски распылением или кистевой окраски.

3. Внутреннее освещение окрасочных камер предусматривается их конструкцией (освещенность в таблице не указана).

4. Стационарное общее освещение внутри сушильных камер не требуется.

5. Для ремонта и осмотра оборудования окрасочных и сушильных камер требуется переносное освещение.

6 Значения освещенности приведены для ГЛ (при использовании ЛН освещенность следует снижать в соответствии с прим. 5 к табл. I СНиП II-4-79 [44]). Для складов и кладовых лакокрасочных материалов и ЛВЖ значения освещенности даны для ламп накаливания.

7. Освещенность, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять 10 % нормируемой для комбинированного освещения (в соответствии с п. 48 СНиП II-4-79 [44]).

8. Значения коэффициента пульсации освещенности даны для системы общего освещения (при системе комбинированного освещения их следует принимать по табл. 12 СНиП II-4-79 [44]).

В зависимости от условий технологического процесса, конструкции окрасочно-сушильного оборудования, строительных параметров и конструктивных особенностей строительной части для общего освещения взрывоопасных зон окрасочных цехов и участков могут применяться следующие ОП: в зонах класса В-Iа — ОП с ЛЛ типов НОГЛ, НОДЛ, РПЛ01, ОП с ЛН типов ВЗГ-200АМ, ВЗГ/В4А-200М, ВЗГ-100А, В4А-60, Н4Б-300М, Н4БН-150, Н4Т2Н-300; в зонах класса В-Iб — ОП с ЛЛ типов ПВЛ1, ПВЛП, ЛП025, ОП с ГЛВД типов РСП10, РСП11, РСП12, ППДДРЛ, ППД2ДРЛ, ППРДРЛ, ОП с ЛН типов ППД, ППД2, ППР. УП24, НСП02, НСП03, НСР01, НСП09, НПП03, НПП02, ИСП02, ПСХ.

На рис. 12.23 приведен пример общего и локализованного освещения помещения окраски пассажирских вагонов, выполненного ОП с ГЛ.

Пользование переносными ОП в помещениях окраски следует ограничивать, допуская их применение только в тех случаях, когда это необходимо по условиям эксплуатации.

В зонах класса В-Iа для местного освещения (например, при окраске или контроле мелких деталей на столах) могут быть использованы стационарно установленные переносные взрывозащищенные ОП типа БП-62-ВМ, а в зонах класса В-Iб в некоторых случаях могут применяться ОП со степенью защиты IP54, предназначенные для стационарного местного освещения станков машиностроительной промышленности, например НКП01.

Все элементы электрических сетей во взрывоопасных зонах окрасочных цехов, отделений и участков должны соответствовать условиям, приведенным в § 12.2 и гл. 10.

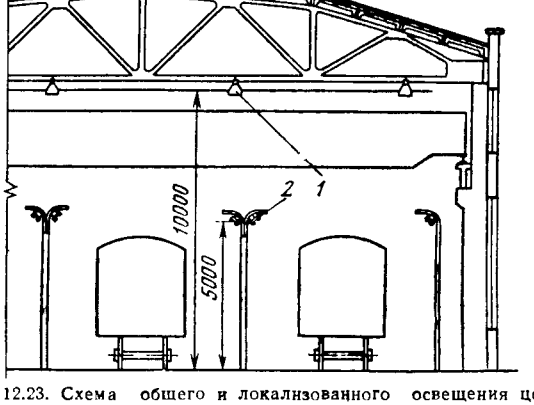


Рис. 12.23. Схема общего и локализованного освещения цеха окраски пассажирских вагонов.

1 — светильник типа РСП 07×400; *2* — линия спаренных светильников типа НОГЛ 2×80.

12.3.6. ОБЩЕПРОМЫШЛЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ

Общие указания. К общепромышленным объектам относятся цеха, отделения, помещения, характерные для предприятий всех отраслей промышленности. Основными из них являются электропомещения (помещения щитов и камер распределительных устройств, электромашинные помещения, кабельные сооружения, камеры трансформаторов и реакторов), включая диспетчерские и операторские; галерен, туннели и эстакады различного назначения; складские здания общего назначения; автогаражи; вентиляционные установки; котельные; объекты водоснабжения и канализации; депо электропогрузчиков и электрокар; телефонные станции и радиоузлы. Освещение ремонтных цехов (ремонтно-механических, ремонтно-строительных и т. п.) здесь не рассматривается, так как принципиальные решения их ОУ аналогичны освещению механических, деревообрабатывающих и других цехов основного производства.

Общепромышленные производства имеют разнообразные строительные и технологические компоновки и соответственно различные системы освещения.

Уровни освещенности следует выбирать по нормам [44] в соответствии с разрядом и подразрядом зрительной работы (табл. 12.36).

Электропомещения. Для общего освещения электропомещений (ЭП) следует преимущественно применять ГЛ. Лампы типов ДРЛ и МГЛ рекомендуется использовать при большой высоте установки ОП, например в крановых пролетах электромашинных помещений, в других случаях, как правило, должны использоваться ЛЛ типа ЛБ, а ЛН рекомендуются только для помещений, где выполняются зрительные работы разряда VIIIв (кабельных сооружений, галерей токопроводов), и для других эпизодически посещаемых помещений (камер трансформаторов, помещений реакторов и т. п.).

Нормируемые освещенности для основных ЭП приведены в СНиП [44]: для кабельных сооружений (подвалов, шахт, туннелей, галерей и галерей токопроводов) уровни освещенности принимаются по разряду VIIIв: 30 лк при ГЛ, 10 лк при ЛН.

Во всех ЭП, включая и кабельные сооружения, ОП, как правило, должны обеспечивать подсветку их верхней зоны. Для этих целей необходимы ОП преимущественно прямого или рассеянного света. Так, для помещений щитов и распредустройств рекомендуются ОП с ЛЛ типов ЛДР, ЛСО02 и т. п.

В основных ЭП (электромашинных, щитовых, операторских, диспетчерских) выбор и размещение ОП должны осуществляться с учетом требований эстетики, в частности при установке на подвесных конструкциях ОП с ЛЛ рекомендуется устанавливать в непрерывные линии, в диспетчерских и операторских предпочтительны ОП, встраиваемые в подвесные потолки, и т. д.

В помещениях или зонах помещений с временным пребыванием людей, в которых направление линии зрения при осмотре и работе совпадает с наиболее вероятным направлением светового потока ОП (задняя сторона щитов и камер распредустройств, камеры реакторов и трансформаторов и т. п.), рекомендуется применять открытые лампы (как правило, ЛЛ мощностью 40 Вт в одноламповых ОП типа ЛПО03 без рассеивателя и ЛН мощностью до 60 Вт).

Аварийное освещение ЭП рекомендуется выполнять в большем, чем это требуется общенормативными документами по освещению, объеме, например выделять для него каждый второй или третий ОП. Надежность питания освещения определяется в зависимости от степени надежности электроснабжения предприятия (объекта) в целом. В небольших ЭП допускается не устраивать стационарного АО, а использовать в качестве резервного освещения переносные аккумуляторные фона-

Таблица 12.36. Нормы освещенности общепромышленных производств

Наименование помещения	Расположение рабочей поверхности, ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы [44]	Нормированная освещенность при системе общего освещения, лк	
			при ГЛ	при ЛН
Складские здания общего назначения				
Склады громоздких предметов и сыпучих материалов (песок, лес, цемент и др.)	Г-0	—	50	20
Склады емкостей химических и легковоспламеняющихся жидкостей (кислот, щелочей, лаков, красок и др.):				
с разливом в складе	Г-0	VIIIа	75	30
без разлива в складе	Г-0	VIIIб	50	20
Инструментальные, материальные склады и т. п.	Г-0	VIIIа	75	30
Хранилища в складах, оборудованных кранами-штабелерами:				
при неавтоматизированных кранах-штабелерах	Г-0	—	50	20
при автоматизированных кранах-штабелерах	Г-0	—	30	10
Экспедиции приема и выдачи грузов	Г-0	Vб	150	100
Сортировка и комплектация грузов	Г-0	IVб	200	150
Завозная кладовая	Г-0	—	50	20
Рампа вне здания	Г-0	XII	5	5
Рампа в здании	Г-0	—	50	20
Автогаражи				
Отделения ремонтного и технического обслуживания	Г-0	Va	200*	150
Осмотровые канавы	Г—низ машины	VI	150	75
Пост мойки и уборки автомобилей	Г-0 и В—на машине	VI	150	75
Закрытая стоянка автомобилей	Г-0	VIIIб	50	20
Открытая стоянка автомобилей	Г-0	XII	5	5
Кузовное отделение	Г-0,8	Va	200*	150
Обойное отделение	Г-0,8	Va	200*	150
Отделения: агрегатно-механическое, ремонта топливной аппаратуры (карбюраторное)	Г-0,8	IVa	300*	200
Тепловое отделение (кузнечно-рессорный, медницко-радиаторный участки)	Г-0,8	IVб	200*	150
Шиноремонтное и шиномонтажное отделения	Г-0	Va	200	150
Депо электропогрузчиков и электрокар				
Стоянка (с зарядкой) электропогрузчиков и электрокар	Г-0	VI-1	100	50
Помещение зарядных агрегатов	Г-0,8	VI	150	75
Помещение для ремонта электропогрузчиков и электрокар	Г-0	IVб	200*	150
Осмотровые канавы	Г—низ машины	VI	150	75
Электролитная, дистилляторная	Г-0,8	VI	150	75

Продолжение табл. 12.36

Наименование помещения	Расположение рабочей поверхности, ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы [44]	Нормированная освещенность при системе общего освещения, лк	
			при ГЛ	при ЛН
Телефонные станции и радиоузлы предприятий				
Зал коммутаторной ручной связи:				
общий уровень освещенности в помещении	Г-0,8	—	200	150
коммутатор	В	IVб	200 (500**)	150(500**)
стативы	В	IVб-1	150	100
Автоматический вал УАТС:				
общий уровень освещенности в помещении	Г-0,8	—	200	150
стативы	В	IVб	200	150
стол для выяснения и устранения повреждений в аппаратуре	Г-0,8	IIIв	300 (750**)	200(600**)
Регулировочная мастерская, мастерская ремонта аппаратуры:				
общий уровень освещенности в помещении	Г-0,8	—	200	150
на столах ремонта и регулировки аппаратуры	Г-0,8	IIIб	1000**	750**
Помещение чистки и пайки приборов:				
общий уровень освещенности в помещении	Г-0,8	—	200	150
на столах пайки и чистки	Г-0,8	IIIв	750**	600**
Кроссовая	В—на кроссах	IVб	150	100
Генераторная (выпрямительная):				
общий уровень освещенности в помещении	Г-0,8	—	150	100
щиты, стойки выпрямителей	В	IIIг-1	150	100
Шахта	В—на кабельных устройствах	VI-1	100	50
Радиоузел	Г-0,8	IIIг	200	150
Аппаратная	Г-0,8 и В—на щитах, шкафах, стойках	IIIг-1	150	100

* Для отдельных рабочих мест (станков, верстаков) предусматривается местное освещение (дополнительное к общему).

** При комбинированном освещении.

ри. В кабельных сооружениях стационарного АО, как правило, не требуется.

Ниже приводятся особенности освещения отдельных ЭП.

Помещение щитов. Пример освещения приведен на рис. 12.24. В этом случае следует принимать меры по ограничению отражениой блескости: при размещении ОП на потолке угол между направлением его светового потока в точку, расположеиную на высоте 2 м от пола, и плоскостью щита должеи составлять не более 45°, при установке ОП с ЛЛ на стене их необходимо монтировать на расстоянин друг от друга. В ЭП большой высоты допускается установка ОП иа щитах. Освещение задией стороны щита может осуществляться ОП, устаиовленными на потолке, стеиах и иепосредственно на щите, но наилучшим решением является монтаж ОП на стене. Для щитов с проходом внутри (щиты глубиной 1800 мм) средства освещения поставляются, как правило, комплектно со щитами.

Освещение помещений распределительных устройств аналогично освещению помещений щитов. Некоторые типы камер (КСО272, КСО366) комплектуются ОП общего и местиого освещения.

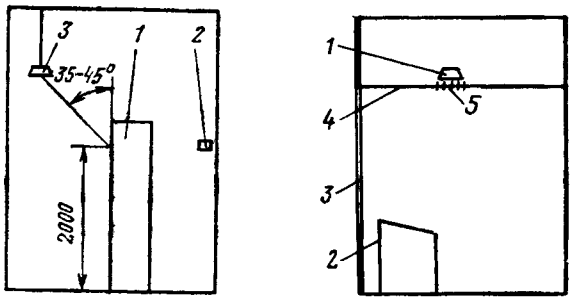


Рис. 12.24. Схема освещения помещения щита (поперечный разрез).

1 — щит; *2* — светильник типа ЛПО03 для освещения задней стороны щита; *3* — светильнк типа ЛСП02 для освещения фасада щита.

Рис. 12.25. Схема освещения поста управления (поперечный разрез).

1 — светильник типа ЛСП13; *2* — пульт управления; *3* — смотровое стекло; *4* — подвесной потолок; *5* — экранирующая решетка, окрашенная в темный цвет.

Освещение электромашинных помещений. Светильники общего освещения, устанавливаемые на перекрытии (ферме), должны обеспечивать нормируемые зиачения освещеииости не только на электромашииах, но и на щитах и камерах. Устаиовку дополнительиых ОП в нижней зоне помещений большой высоты следует предусматривать лишь для отдельных участков, экранированных строительными конструкциямн и электроконструкциями. В крупных помещениях АО рекомеидуется питать от расположеиых отдельно трансформаторов или других источников электроэнергии. При этом питанне трансформаторов, используемых для АО, не должио осуществляться из данного ЭП. Групповые щитки АО рекомендуется устаиавливать вне данного помещения.

Освещение операторских и диспетчерских помещений. В помещениях операторов, в которых проводится наблюдение за технологическими процессами через смотровые стекла (помещеиия постов управления), должно обеспечиваться максимальное снижение отраженной блескости, создаваемой ОП. Светильники должны располагаться на некотором удалении от смотрового стекла — по оси кресла, вдоль пульта. Рекомеидуется использовать ОП прямого света с экранирующей решеткой (типов ЛСП02, ЛПО13, ЛСП13 и т. п.), окрашиваемой при монтаже в темный цвет. Пример освещенння поста управления приведен иа рис. 12.25.

В операторских, где контроль технологических процессов осуществляется по показаниям приборов на щите, и в диспетчерских, где проводятся аналогичиые работы, предусматривается общее освещение с локализацией ОП в зоне пульта управлеиия и щитов. Для щитов со светящимися символами освещенность щита должна составлять 100—200 лк.

При иаличии подвесиых потолков ОП встраиваются (ЛВО01, ЛВО03) или пристраиваются (ЛПО02, ЛПО13,

ЛСО02 и др.) к ним. В подвесных потолках возможно устройство световых панелей, а в помещениях большой высоты — отраженного освещения.

Заднюю сторону щитов рекомендуется освещать ОП, установленными на стенах или конструкциях щитов. Резервирование питания освещения диспетчерских и основных операторских помещений должно быть максимальным в пределах возможностей, предоставляемых схемой электроснабжения предприятия.

Для освещения камер трансформаторов и реакторов рекомендуется использовать ОП, устанавливаемые перед ограждением для обеспечения возможности замены вышедших из строя ИС без отключения высоковольтного оборудования и для ограничения влияния магнитных полей, создаваемых реакторами, на осветительные сети и лампы. Как правило, должны применяться открытые лампы, а при большом объеме камер — лампы-светильники.

Розетки в электропомещениях. Розетки должны предусматриваться на напряжение 12—36 В (в зависимости от назначения и значения малого напряжения на предприятии) для подключения переносных ОП и других токоприемников мощностью не более 250 Вт, 220 В — для подключения пылесосов и однофазных токоприемников мощностью не более 600 Вт. В кабельных туннелях розетки, как правило, устанавливаются только в районе вентиляционных шахт; в кабельных эстакадах, галереях и галереях токопроводов они могут не устанавливаться.

Электропроводки. Преимущественными видами проводок в ЭП являются открытые, кабелями АНРГ, АВРГ, АВВГ и осветительными шинопроводами. В помещениях с высокими требованиями к интерьеру (например, в диспетчерских, операторских) рекомендуется выполнять скрытые проводки.

Галереи, туннели, эстакады. Для галерей и туннелей кабельных, технологических трубопроводов, трубопроводов воды, пульпы и т. п. уровни освещенности принимаются по разряду зрительной работы VIIIв (30 лк при ГЛ, 10 лк при ЛН), а в их узловых точках — по разряду VIIIб (50 лк при ГЛ, 20 лк при ЛН). Для наружных проходных эстакад аналогичного назначения освещенность принимается по разряду XII равной 5 лк, а в их узловых точках — по разряду XI — 10 лк. Для галерей и туннелей конвейеров и токопроводов освещенность нормируется по разряду VIIIб (50 лк при ГЛ, 20 лк при ЛН).

Условия среды для галерей и туннелей конвейеров и трубопроводов определяются характеристиками транспортируемых по ним материалов. Для частично открытых галерей условия среды также зависят от степени загазованности и запыленности атмосферы территории предприятия. К пыльным сооружениям относятся галереи и туннели транспортировки сыпучих материалов (известняка, руды и др.); к сырым — галереи и туннели водопроводные, пульповодов и хвостопроводов; к пыльным и жарким — галереи и туннели агломерата и других раскаленных материалов; к сырым и жарким — туннели теплофикационные и смыва окалины; к пожароопасным класса П-I — масляные туннели и т. д. В ОУ следует использовать ОП с ЛН, а при наличии гидравлической уборки пыли целесообразно применять ОП с ЛЛ (типов ПВЛП, ПВЛ1, ЛСП14, ЛСП16).

Аварийное освещение предусматривается в галереях токопроводов, для него выделяется каждый второй ОП. ЭО рекомендуется устраивать в туннелях конвейеров, а также в протяженных галереях, где имеется несколько рядов светящих линий ОП. В туннелях и галереях, характеризуемых высокой температурой окружающей среды или сыростью, наличием большого числа заземленных конструкций в зоне установки ОП, при высоте установки последних менее 2,5 м должно преимущественно приниматься напряжение сети общего освещения не более 42 В. Это же напряжение следует принимать при высоте установки ОП менее 2 м. В электротехнических галереях (но не туннелях) — кабельных и токопроводов — для сети общего освещения при любой высоте установки ОП допускается напряжение 220 В. Розетки для переносного освещения напряжением не свыше 42 В рекомендуется устанавливать в галереях и туннелях транспортеров через 30—40 м, в галереях и туннелях трубопроводов (воды, пульпы и т. п.) — в узловых точках, в кабельных сооружениях — в зоне вентиляционных шахт. Для освещения наружных эстакад в качестве ОП переносного и аварийного освещения следует использовать переносные аккумуляторные фонари.

Необходимость устройства общего рабочего освещения проходных наружных эстакад определяется их значением, протяженностью, условиями эксплуатации. Для освещения эстакад могут применяться специально устанавливаемые светильники и прожекторы или светильники и прожекторы для освещения территории предприятия.

Для освещения галерей и туннелей, как правило, следует использовать ОП преимущественно прямого или рассеянного света, обеспечивающие подсветку верхней зоны помещений (типов ПВЛП, ПВЛМ, ПСХ, ППР и др.).

Складские здания общего назначения. Условия среды в складах определяются характером складируемых грузов и принимаются по нормам технологического проектирования или специальным перечням соответствующих министерств и ведомств.

Для освещения складских помещений следует преимущественно использовать систему общего освещения. На рабочих местах сортировки и комплектации изделий необходимо предусматривать дополнительное местное освещение. Аварийное освещение, как правило, не требуется, но для складов большой емкости оно рекомендуется (за исключением зон между стеллажами). Несмотря на рекомендацию применять в складах преимущественно ЛН, газоразрядные лампы целесообразно использовать при постоянном пребывании людей в складских помещениях без естественного света или с недостаточным естественным светом, в складах, где доступ к ОП затруднен. В складах большой высоты целесообразно применение ГЛВД, в частности ламп типа ДНаТ. В помещениях экспедиции, сортировки и комплектации изделий, как правило, должны применяться ГЛ. Нормы освещенности для складских зданий приведены в табл. 12.36.

При освещении хранилищ, оборудованных кранами-штабелерами, необходимо учитывать следующее. При создании нормируемых уровней освещенности на полу должна быть обеспечена подсветка стеллажей по всей их высоте. При большой высоте стеллажей следует применять ОП, максимально концентрирующие световой поток (типов РСП10, С35ДРЛ, ЛСП13 и т. п.), или прожекторы (типов ПКН, ПСМ и др.). Возможность обслуживания системы освещения может быть обеспечена только при размещении на крайах-штабелерах съемных площадок с ограждением, разработка чертежей площадок должна выполняться организацией, проектирующей средства механизации и транспорта склада. В складах большой высоты, где отсутствуют мостовые краны-штабелеры или стеллажные краны-штабелеры не могут быть снабжены съемными площадками, должны предусматриваться светотехнические мостики.

Освещение отдельных зон складских помещений должно управляться раздельно. При небольшом числе стеллажей в хранилищах допускается иметь общее управление освещением.

Пример освещения склада со штабелерами приведен на рис. 12.26.

Аппараты управления освещением хранилищ рекомендуется располагать вне хранилищ (в экспедиции, у входа в хранилище, в операторской и т. п.). Для хранилищ с автоматизированными кранами-штабелерами аппараты управления должны располагаться в операторской. Питание освещения рампы и завозной кладовой должно обеспечиваться при отключении основного освещения склада.

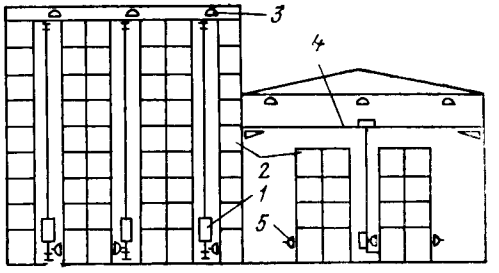


Рис. 12.26. Схема освещения склада, оборудованного кранами-штабелерами (поперечный разрез).

1 — стеллажный кран-штабелер; *2* — стеллажи; *3* — светильник; *4* — мостовой кран-штабелер; *5* — розетка.

Электроустановки пожаро- и взрывоопасных складских зданий и запираемых помещений должны иметь аппараты общего отключения всех электросетей, находящиеся вне этих зданий и помещений. Аппараты общего отключения размещаются в металлических ящиках и должны быть доступны для обслуживания в любое время, иметь приспособления для опломбирования, устанавливаться на несгораемой стене или отдельной опоре.

Для подключения переносных ОП предусматривают сеть розеток на напряжение не более 42 В в проходах между стеллажами, оборудованных кранами-штабелерами, на рампе (для использования внутри крытых вагонов, кузовов автомашин и т. д.), в зоне установки рольгангов, конвейеров и другого оборудования, в зоне установки емкостей большого объема.

Автогаражи. Условия среды в автогаражах принимают по нормам технологического проектирования института «Гипроавтотранс». Наиболее вероятные условия среды в помещениях следующие: карбюраторное и шиноремонтное отделении — взрывоопасные класса В-Iб, обойное и шиноремонтное отделения — пожароопасные класса П-IIа, кузовное отделение — пожароопасное класса П-II, пост мойки и уборки — сырое; тепловое отделение — жаркое и пыльное. Прочие помещения характеризуются нормальными условиями среды, но для закрытой стоянки автомобилей ОП и электропроводки должны применяться, как для пожароопасных зон класса П-IIа, а щитки и выключатели рекомендуется устанавливать вне помещений стоянки. В гаражах с числом машин более 25 рекомендуется устройство в основных помещениях эвакуационного освещения. Нормы освещенности автогаражей приведены в табл. 12.36.

Во всех отделениях, кроме стоянки, следует предусматривать розетки на напряжение не свыше 42 В для подключения переносных ламп. Во всех помещениях, за исключением закрытой стоянки, рекомендуется применение ГЛ. Светильники, устанавливаемые в осмотровых канавах (типов ПСХ, ПВЛП и т. п.), должны располагаться в нишах. Рекомендуется для защиты ОП от механических воздействий перекрывать ниши защитной сеткой.

Не следует устанавливать осветительные опоры и мачты в зоне открытой стоянки и маневрирования автомобилей.

Вентиляционные установки. Уровни освещенности на вентиляторах и приводах к ним нормируют по разряду зрительных работ VIIIб (50 лк при ГЛ и 20 лк при ЛН). Рекомендуется для крупных вентиляторных с большим числом вентиляторов освещенность увеличивать на одну ступень. Работа в отсеках калориферов, фильтров и забора наружного воздуха относится к разряду VIIIв (30 лк при ГЛ и 10 лк при ЛН). Для освещении рекомендуется использовать ЛН. Помещения приточных вентиляторов с системами рециркуляции воздуха и вытяжных вентиляторов, обслуживающих пожароопасные зоны классов П-I и П-II и взрывоопасные зоны всех классов, относятся к тем же классам, что и обслуживаемые вентиляторами помещения. В прочих случаях для помещений приточных вентиляторов с рециркуляцией воздуха и вытяжных вентиляторов условия среды близки к условиям среды обслуживаемых вентиляторами помещений. Условия среды в помещениях приточных вентиляторов без рециркуляции воздуха — нормальные. При расположении ОП ниже воздуховодов необходимо обеспечивать подсветку верхней зоны (ОП типов ППР, НСП02 и т. п.). Для освещения отсеков рекомендуется настенная установка ОП (например, типа ПСХ или открытых ламп). Аварийное и эвакуационное освещение для вентиляционных установок, как правило, не требуется. Переносное освещение на напряжение не более 42 В требуется в зоне вентиляторов.

Котельные. Уровни освещенности помещений котельных принимаются в соответствии с [44, прилож. 3]. Электроприемники котельных относятся, как правило, к I или II категории надежности электроснабжения. Аварийное освещение предусматривается во всех основных помещениях котельных (на площадках обслуживания котлов, в отделениях бункерном, дымососов и дутьевых вентиляторов, тракте подачи топлива). Питание ОП местного освещения щитов, манометров, водоуказательных колонок осуществляется от сети АО.

В помещениях должна преимущественно предусматриваться система общего локализованного освещения с устройством дополнительного местного освещения на щитах, манометрах, отдельных станках и верстаках. Переносное освещение (напряжением 12 В) устраивают во всех производственных помещениях.

Условия среды котельных в основном определяются видом топлива. При твердом топливе (уголь, торф) тракт подачи относится к пожароопасным помещениям класса П-II или взрывоопасным класса В-IIа, а помещение котлов — к пыльным. Помещения бойлерной, конденсационной, химводоочистки, деаэраторной — сырые или влажные.

В отопительных газифицированных котельных, работающих не круглый год, должны дополнительно устанавливаться взрывозащищенные ОП для подготовки котельной к пуску. Выбор ИС и ОП осуществляется в соответствии с общими требованиями норм [44]. Освещение проходов, площадок и самих котлов следует осуществлять ОП, установленными по возможности на строительных конструкциях здания.

Объекты водоснабжения и канализации. Для машинных отделений насосных и воздуходувных станций, отделений механического обезвоживания осадков (вакуум-фильтров, фильтр-прессов и т. п.), помещений аэраторов рекомендуемые уровни освещенности составляют 150 лк при ГЛ и 75 лк при ЛН (разряд VI). При отсутствии постоянного дежурства персонала освещенность снижается на одну ступень. Прочие объекты водоснабжения и канализации характеризуются преимущественно работами, связанными с общим наблюдени-

ем за ходом производственного процесса (разряд VIII). Общий уровень освещенности в помещениях решеток (грабельное отделение), установок очистки воды (фильтров, осветлителей, песколовок, отстойников и др.), водонапорных башен, камер переключения, складов реагентов, аэротенков, метантенков, биофильтров должен быть не менее 50 лк при ГЛ и 20 лк при ЛН (разряд VIIIб).

Общий уровень освещенности в отделениях термической обработки осадков, реагентном, а также в хлораторной, фтораторной, аммониаторной и для отдельных насосов принимается по разряду VIIIа (75 лк при ГЛ, 30 лк при ЛН). Для открытых сооружений водоснабжения и канализации рекомендуется принимать освещенность 5 лк по разряду XII (открытые биофильтры, метантенки, отстойники, песколовки и т. д.). Иловые площадки, башенные градирни, поля орошения и фильтрации, наружные резервуары воды, как правило, искусственного освещения не требуют.

Для вентиляторных градирен предусматриваются розетки, используемые для переносных ОП, устройство общего освещения для таких градирен целесообразно только в случаях, когда несколько градирен располагаются в одном узле, при этом ОП (прожекторы) следует располагать вне градирни — на мачтах и крышах близрасположенных зданий и сооружений. Если в зоне градирен размещаются высокие сооружения, в том числе мачты освещения других участков территории, рекомендуется также устройство общего освещения одиночных градирен прожекторами, установленными на этих сооружениях.

На площадках водопроводных сооружений с зоной санитарной охраны первого пояса (площадках водоприемных и других водопроводных сооружений питьевого назначения) в соответствии с [12.30] должно устраиваться охранное освещение по периметру ограждения с обеспечением нормируемых уровней освещенности на подступах к ограждению, самого ограждения и внутренней зоны шириной 5—10 м.

Для насосных станций категория надежности электроснабжения определяется характеристикой водопотребителей, для прочих сооружений категорию надежности следует принимать по ПУЭ.

Большая часть помещений объектов водоснабжения и канализации относится к сырым или влажным (установки очистки воды, градирни, заглубленные насосные станции и т. д.). Машинные отделения насосных станций — помещения с нормальной средой или влажные, объекты реагентного хозяйства — помещения с химически активной средой.

Выбор ИС и ОП осуществляется в соответствии с общими требованиями норм [44]. Во всех помещениях рекомендуется система общего освещения. Переносное освещение напряжением не более 42 В предусматривается во всех производственных помещениях. Необходимость АО и степень резервирования питания ОУ определяются категорией электроснабжения зданий и сооружений водоснабжения и канализации. На рис. 12.27 приведен пример освещения машинного отделения насосной станции.

Депо электропогрузчиков и электрокар. Условия среды в помещениях депо принимаются в соответствии с «Указаниями по проектированию зарядных станций тяговых и стартерных аккумуляторных батарей» ВНИПИ ТПЭП. Помещения стоянки электропогрузчиков и электрокар, где производится их зарядка, в верхней зоне относятся к взрывоопасным класса В-Iб с химически активной средой, нижняя их зона считается невзрыво- и непожароопасной. Граница между зонами проходит условно на отметке 0,75 м общей высоты, считая от уровня пола, но не выше отметки кранового пути.

Помещение электролитной имеет химически активную среду, прочие основные помещения (ремонта электропогрузчиков и электрокар, дистилляторная, зарядных агрегатов — помещения с нормальными условиями среды. Выбор ИС и ОП определяется общими положениями норм [44]. Эвакуационное освещение следует предусматривать в депо, рассчитанных на 25 и более машин. Переносное освещение на напряжение не свыше 42 В необходимо в помещениях для ремонта машин и зарядных агрегатов. Нормы освещенности для депо приведены в табл. 12.36.

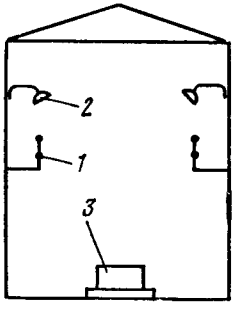


Рис. 12.27. Схема освещения машинного отделения насосной станции (поперечный разрез).

1 — балкон; *2* — светильник, установленный на наклонном поворотном кронштейне; *3* — насос.

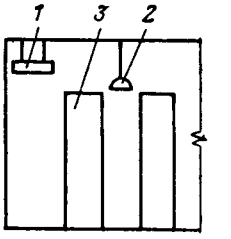


Рис. 12.28. Схема освещения автоматного зала УАТС.

1 — светильник типа ЛСО02 для освещения главных проходов; *2* — светильник типа ЛСП13 для освещения статнвов; *3* — статив.

Телефонные станции и радиоузлы. Уровни освещенности для помещений узлов связи принимают в соответствии с «Инструкцией по проектированию искусственного освещения предприятий связи», а также нормами [44] (см. табл. 12.36).

В качестве ИС рекомендуется использовать ЛЛ. Система комбинированного освещения принимается в основном для помещений ремонта, регулировки, чистки и пайки аппаратуры и приборов, в прочих случаях следует использовать систему общего (равномерного или локализованного) освещения.

Для телефонной связи на предприятиях в основном используют учрежденческие автоматические телефонные станции (УАТС). Аварийное освещение необходимо для всех основных рабочих мест узлов связи (коммутаторов, стативов, кроссов, электромашинных агрегатов и т. п.). Степень надежности силовых и осветительных нагрузок узлов связи определяется схемой электроснабжения предприятий (объекта) в целом. На УАТС питание освещения осуществляется или от вводного щита переменного тока собственных нужд или непосредственно от сетей рабочего и аварийного освещения здания, где размещается УАТС. При наличии на УАТС аккумуляторной батареи (имеющей, как правило, напряжение 60 В) ОП аварийного освещения полностью или частично, в зависимости от емкости батареи, получают питание от нее, причем АО, питаемое от батареи, включается при исчезновении напряжения в сети внешних источников переменного тока.

В основных помещениях узлов связи предусматривают розетки на напряжение не свыше 42 В для подключения переносного освещения, паяльников, дрелей и 220 В — для измерительных приборов, пылесосов и т. д.

В отличие от городских АТС освещение статнвов УАТС не входит в комплект их поставки и должно предусматриваться в проектах электрического освещения. Для этого рекомендуется использовать ОП концентрированного светораспределения (например, типа

ЛСП13), которые устанавливаются на перекрытии в проходах между стативами или непосредственно на стативах при большом числе кабельных конструкций, экранирующих верхний свет. Пример освещения автоматного зала УАТС приведен на рис. 12.28.

12.3.7. ОСВЕЩЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, КАРЬЕРОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК

Источники света и световые приборы. Для общего прожекторного освещения открытых пространств наиболее эффективными ИС являются МГЛ, далее НЛВД, ГЛН и ДРЛ [19]. Лампы ДРЛ могут применяться только при освещении нешироких (до 150 м) площадок, ГЛН — для площадок шириной до 300 м, ДКсТ (20 и 50 кВт) — при ширине площадок более 300 м и при их установке на значительной высоте (более 50 м).

Освещение открытых площадей в виде узких полос, например дорог, рационально осуществлять светильниками, широких — прожекторами. Светильники применяются тех же типов, что и для освещения улиц (см. разд. 16).

Технические параметры прожекторов и светильников прожекторного типа приведены в табл. 12.37, минимально допустимые высоты их установки — в табл. 12.38.

Ориентировочный расчет прожекторной установки (определение количества прожекторов, подлежащих установке), может проводиться по удельной мощности (табл. 12.39). Более точный расчет при разработке рабочего проекта выполняется методом изолюкс [13, 19].

Прожекторные мачты. По способу установки прожекторные мачты разделяются на стационарно устанавливаемые и передвижные. Стационарно устанавливаемые мачты применяются при освещении территорий фабрик и заводов, для общего освещения строительных площадок и карьеров, передвижные находят широкое применение при локализованном освещении отдельных участков строительных площадок и карьеров. Мачты выполняются из металла, дерева и железобетона. Высота мачт от 10 до 50 м. При осуществлении временного освещения рационально использовать сборно-разборные мачты многократного применения. Составные части по своим габаритам должны быть транспортабельны. Разработано много проектов металлических мачт, данные некоторых из них приведены в табл. 12.40.

Стволы мачт представляют собой решетчатые пространственные фермы длиной 5—7 м. Верхняя площадка мачт конструкции института Мосгипротранс высотой 21 и 28 м разработана двух типов: для установки 16 и 27 прожекторов; для мачт высотой 35 и 45 м — четырех типов: П-1 (3,2×3 м) и П-2 (3×2 м) для установки светильников с ксеноновыми лампами в сочетании с прожекторами, П-3 (1,4×16 м) для установки 28 прожекторов в один ряд (на мачтах высотой 35 м) и П-4 (1,4×9 м) для установки 40 прожекторов в два ряда (на мачтах высотой 45 м) (рис. 12.29). Фундаменты мачт — сборные железобетонные, из отдельных блоков, их масса от 5 до 15 т каждый в зависимости от грунта и высоты мачты.

Железобетонные мачты разработаны на основе применения типовых центрифугированных опор контактной сети железнодорожного транспорта (высотой до 15 м) и опор линий электропередачи (высотой до 26 м).

Деревянные мачты имеют высоту до 15 м.

Передвижные мачты монтируются обычно на санях, реже на колесах.

Схема питания стационарно устанавливаемых прожекторных мачт должна обеспечивать возможность

Таблица 12.37. **Технические параметры прожекторов и светильников прожекторного типа**

Тип прожектора или светильника*	Тип лампы	Максимальная сила света, ккд	Угол рассеяния в плоскости		Габаритные размеры, мм			Масса**, кг
			горизонтальной	вертикальной	Высота	Ширина	Длина	
ПСМ-50-1	Г220-1000	120	21°	21°	650	545	640	10
ПСМ-50-1	ДРЛ700	52	74	90				
ПСМ-50-1	ДРЛ400	20	74	90				
ПСМ-50-2	ПЖ220-1000	640	9	9				
ПСМ-40-1	Г220-500	70	19	19	560	435	530	8
ПСМ-40-2	ПЖ-220-500	280	9	9				
ПСМ-30-1	Г220-200	33	16	16	440	340	430	6
					560	430	475	16
					570	535	575	18
ПЗР-250	ДРЛ250	11	60	60				
ПЗР-400	ДРЛ400	19	60	60				
ПЗС-45	Г220-1000	130	26	24	730	600	380	21
ПЗС-45	ДРЛ700	30	100	100				
ПЗС-45	ДРЛ400	14	84	90				
ПЗС-35	Г220-500	50	21	19	580	460	290	10
ПЗС-25	Г220-200	16	16	12	480	360	250	8
ПЗМ-35	Г220-500	40	30	20	580	459	290	10
ПЗМ-25	Г220-200	10	8	8	480	360	250	8
ПКН-1000-1	КГ220-1000-5	52	92	18	410	345	225	9
ПКН-1000-2	КГ220-1000-5	30,5	90	40				
ПКН-1500-1	КГ220-1500	90	92	20	410	400	225	10
ПКН-1500-2	КГ220-1500	45,5	106	54				
ИСУ01×2000/К-63-01	КГ220-2000-4	71	100	35	440	252	535	16
ИСУ02×5000/К-03-02	КГ220-5000-1	200	100	65	560	267	745	14
СКсН-10000	ДКсТ10000	165	135	24	1040	675	1925	180(40)
ОУКсН-20000	ДКсТ20000	650	95	10	1616	840	2500	330(40)
ОУКсН-50000	ДКсТ50000	1300	140	40	2700	1650	3700	420(100)
ККУ01×20000/НО0-01	ДКсТ20000	120	—	—	900	540	2370	—

* Технические параметры прожекторов серий ПГП и ПГЦ приведены в § 13.11.
** В скобках указана масса отдельно устанавливаемого пускового устройства.

Таблица 12.38. **Минимально допустимая высота установки прожекторов и светильников прожекторного типа**

Тип прожектора или светильника	Тип лампы	Максимальная сила света, ккд	Минимально допустимая высота установки, м, при нормируемой минимальной освещенности, лк							
			0,5	1	2	3	5	10	30	50
ПСМ-50-1	Г220-1000	120	35	28	22	20	17	13	7	6
ПСМ-50-1	ДРЛ-700	52	23	19	14	13	11	8	5	4
ПСМ-50-1	ДРЛ-400	20	14	11	9	8	7	5	3	3
ПСМ-50-2	ПЖ220-1000	640	80	65	50	45	40	30	17	13
ПСМ-40-1	Г220-500	70	25	21	17	15	13	10	5	4
ПСМ-40-2	ПЖ220-500	280	50	43	33	30	25	20	11	9
ПСМ-30-1	Г220-200	33	18	15	11	10	9	7	4	3
ПЗР-250	ДРЛ250	11	10	9	6	6	5	4	3	3
ПЗР-400	ДРЛ400	19	14	11	8	8	7	5	3	3
ПЗС-45	Г220-1000	130	35	29	22	20	18	13	7	6
ПЗС-45	ДРЛ700	30	17	14	11	10	8	6	4	3
ПЗС-45	ДРЛ400	14	12	10	7	7	5	4	3	3
ПЗС-35	Г220-500	50	22	18	14	13	11	8	5	4
ПЗС-25	Г220-200	16	13	10	8	7	6	5	3	3
ПЗМ-35	Г220-500	40	20	16	12	11	10	7	4	4
ПЗМ-25	Г220-200	10	10	8	6	6	5	4	3	3
ПКН-1000-1	КГ220-1000-5	52	23	19	14	13	11	8	5	4
ПКН-1000-2	КГ222-1000-5	30	17	14	11	10	8	6	4	3
ПКН-1500-1	КГ220-1500	90	30	25	20	17	15	11	6	5
ПКН-1500-2	КГ220-1500	45	20	17	13	12	10	8	5	4
ИСУ01×2000/К-63-01	КГ220-2000-4	71	26	22	17	15	13	10	6	5
ИСУ02×5000/К-03-02	КГ220-5000-4	200	45	35	28	25	22	17	10	8
СКсН-10000	ДКсТ10000	165	40	33	25	23	20	15	15	15
ОУКсН-20000	ДКсТ20000	650	80	65	50	45	40	30	25	25
ОУКсН-50000	ДКсТ-50000	1300	115	90	70	65	55	45	40	40
ККУ01×20000/НОО-01	ДКсТ20000	120	35	28	21	25	25	25	25	25

Таблица 12.39. **Ориентировочные значения удельной мощности общего прожекторного освещения**

Источник света (тип)	Ширина освещаемой площадки, м	Удельная мощность общего освещения, Вт/м², при нормируемой минимальной освещенности, лк				
		0,5	1	2	5	10
ЛН	75—150	0,65	0,75	0,85	2,10	4,00
	151—300	0,40	0,55	0,70	1,70	3,20
КГ	75—125	0,18	0,45	0,55	1,40	2,70
	126—300	0,15	0,25	0,40	1,00	2,00
ДРЛ	75—250	0,20	0,35	0,45	1,20	1,80
	251—300	0,18	0,30	0,50	1,00	2,00
МГЛ	75—150	0,18	0,25	0,30	0,70	1,30
	151—350	0,13	0,15	0,20	0,45	0,80
ДКсТ 50000	200—275	0,40	0,75	1,00	2,50	4,50
(*H*=50 м)*	276—400	0,30	0,45	0,60	1,30	2,50
ДКсТ 20000	150—200	0,45	0,80	1,50	3,50	6,50
(*H*=30 м)*	201—400	0,25	0,60	1,30	3,00	5,50
ДКсТ 20000	200—250	0,35	0,70	1,20	2,50	4,50
(*H*=50 м)*	251—400	0,25	0,50	0,80	1,90	4,20

* *H* — высота установки светильника прожекторного типа.

Таблица 12.40. **Металлические прожекторные мачты**

Высота мачты, м	Число прожекторов, устанавливаемых на мачте	Масса металлоконструкций, т	Объем железобетонных фундаментов, м³	Организация-разработчик
21	27	2,75	4,8	Мосгипротранс
28	27	3,60	6,2	
35	28	6,11	13,6	
45	40	8,30	15,7	
10	16	1,10	4,7	Гипроруда, г. Ленинград
15	16	1,34	4,7	
20	16	2,01	5,8	
25	16	2,25	5,8	
30	16	3,43	5,8	

включения и выключения всего прожекторного освещения территории. Дистанционное управление освещением осуществляется с диспетчерского пункта с помощью пускателя на вводе, всех прожекторов мачты — с нижнего вводного щита; каждого из прожекторов — с распределительного щита площадки, коробки контактных зажимов или посредством электрического соединителя.

Освещение территорий предприятий. Территория промышленного предприятия, не занятая под сооружения, состоит из дорог и пешеходных дорожек, участков складирования различных материалов и готовой продукции, участков для производства технологических операций, прирельсовых погрузочно-разгрузочных площадок, зон отдыха и зеленых насаждений. По периметру территории в отдельных случаях предусматривается охранная зона.

Дороги и пешеходные дорожки следует освещать ОП, предназначенными для освещения улиц (например, типа РКУ), которые устанавливают на опорах высотой 7—8 м с наклоном в сторону дороги. Для пешеходных дорожек, в частности в зонах зеленых насаждений, могут применяться венчающие ОП типов СВ и СВР (см. табл. 16.8) с установкой их на опорах высотой 2,5—3 м. Применение прожекторного освещения для дорог нерационально. Освещение участков складирования предопределяется характером складируемых материалов и погрузочно-разгрузочных операций. При оборудовании склада крановой эстакадой с мостовым краном освещение может быть осуществлено СП консольного типа уличного освещения. Крепление ОП производится к опорам крановой эстакады или к удлиненным стойкам ограждения прохода по верхнему настилу крановой эстакады. Хорошие результаты дает также применение ОП типов ПКН или ИСУ, устанавливаемых в тех же местах, что и ОП. Во избежание тенеобразования под мостом крана должны использоваться светильники прямого света.

Таблица 12.41. **Нормы освещенности рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных вне зданий** [44]

Разряд зрительной работы	Характеристика работы	Минимальная освещенность, лк
IX	Точные работы при отношении наименьшего размера объекта различения к расстоянию до глаз менее 0,005 (сборочные работы с пригонкой отдельных частей, столярные работы, сварка, клепка)	50
X	Работы средней точности при отношении наименьшего размера объекта различения к расстоянию до глаз от 0,005 до 0,02 (монтаж строительных конструкций, полногоы для бетонирования конструктивных элемеитов, сборка громоздкого оборудования)	30
XI	Работы малой точности при отношении наименьшего размера объекта различения к расстоянию до глаз от 0,02 до 0,05, а также работы, требующие только общего наблюдения за ходом производственного процесса (бетоирование простых блоков, погрузочно-разгрузочные работы с помощью крана, такелажные работы)	10
XII	Грубые работы требующие различения объектов при отношении наименьшего их размера к расстоянию до глаз 0,05 и более (земляные работы)	5
XIII	Работы, требующие различения крупных предметов находящихся в непосредственной близости к работающему, или связанные только с общим обзором рабочих поверхностей (немеханизированные погрузочно-разгрузочные работы)	2

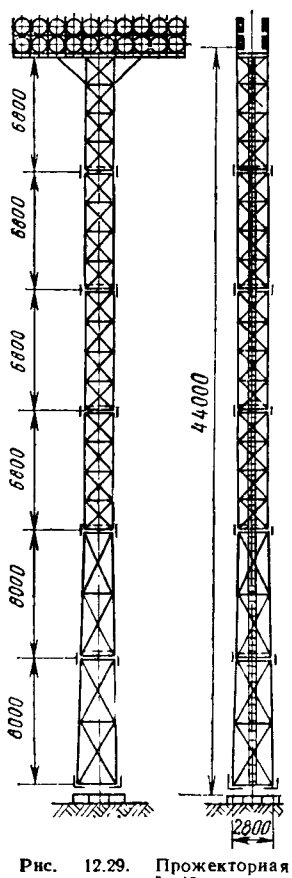


Рис. 12.29. Прожекторная мачта высотой 45 м с площадкой типа П-4.

На открытых площадках территорий заводов обычно выполняются работы, не требующие большого зрительного напряжения. Норма освещенности на них определяется по табл. 12.41. В зависимости от размеров площадки ОУ может выполняться светильниками (при ширине площадки до 20—30 м) или прожекторами. Уровень освещенности автомобильных дорог должен быть не менее 1 лк, для второстепенных дорог (пожарные проезды и подъезды к отдельным зданиям) он может быть снижен до 0,5 лк.

Освещение прирельсовых погрузочно-разгрузочных площадок рациональнее выполнять прожекторами. Уровень освещенности площадок с учетом того, что работы производятся с применением грузоподъемных механизмов, должен быть не менее 10 лк.

Уровень освещенности железнодорожных путей по территориям предприятий принимается равным 0,5 лк с увеличением его в зоне стрелочных постов до 1 лк и в зоне горловины путей до 2 лк.

Освещение карьеров. В зависимости от залегания ископаемых карьеры имеют различные конфигурацию и размеры (в плане и по глубине). В процессе разработки карьеры приобретают ступенчатую форму. На различных высотах (ярусах) создаются предохранительные и транспортные бермы шириной от 3 до 15 м. Выемка, а также перемещение ископаемых и породы производятся экскаваторами и различными специальными машинами. Широко применяются буровые и взрывные работы.

Осветительная установка карьера носит временный характер: с изменением верхнего и нижнего контуров карьера она претерпевает полное или частичное изменение. Наименее измеияемы ОУ угольных разрезов и карьеров по добыче рудных ископаемых.

Для обеспечения условий выполнения работ ОУ в карьерах должна обеспечивать уровни освещенности, указанные в табл. 12.42 [12.31]. Осветительная установка выполняется с помощью стационарных и передвижных инвентарных прожекторных мачт. Стационарные мачты должны размещаться, как правило, на бортах карьеров, за пределами призмы обрушения породы или на участках карьеров с законченной выработкой. Передвижные мачты устанавливаются внутри карьеров, в местах производства работ (буровых, вскрышных, добычных и отвальных). Кроме того, машины и механизмы, в том числе и буровые установки, применяемые для добычи и обработки строительных материалов, должны быть снабжены светильниками или прожекторами.

Для освещения карьеров устраивается общее равномерное прожекторное освещение: в зоне производства работ ОУ рассчитывается на освещенность 2 лк и в зоне временного пребывания людей — 0,5 лк. На участках, где по условиям работы требуется более высокая освещенность, дополнительно к общему равиомериому освещению устраивается общее локализованное освещение с помощью передвижных прожекторных мачт или опор.

В больших карьерах, как ни на каком другом объекте, для освещения требуется применение ИС большой единичной мощности и создание необходимых осветительных условий при минимально возможном числе прожекторов. Мощные ДКсТ, ГЛН, МГЛ и НЛВД позволяют получить наибольший светотехнический и экономический эффект и значительно упростить условия эксплуатации ОУ.

В небольших карьерах шириной до 150 м для общего равномерного освещения рационально использовать прожекторы типа ИСУ с ГЛН мощностью 5 кВт, а также прожекторы с лампами типа ДРЛ; в широких карьерах (более 150 м) — прожекторы с МГЛ.

Для освещения дорог и транспортных берм в некоторых случаях следует применять светильники. При этом наиболее эффективны передвижные мачты высотой 10 м, особенно на участках, где производятся взрывные работы.

Освещение строительных работ. Осветительные установки строительных площадок имеют ряд особенностей и во многом отличаются от ОУ фабрик и заводов. Прежде всего они осуществляются как временные сооружения и после окончания строительства демонтируются. Это предопределяет применение в них различных инвентарных конструкций и осветительной арматуры многократного использования, что удешевляет стоимость ОУ и сокращает срок монтажа [12.32].

Согласно нормам в рабочих зонах строительных и монтажных площадок уровни освещенности должны быть не ниже значений, приведенных в [12.33]. Для строительных площадок принимается система общего равномерного прожекторного освещения. В рабочих зонах уровень освещенности должен составлять не менее 2 лк, что обеспечивает возможность выполнения гру-

Таблица 12.42. Нормы освещенности карьеров и строительных площадок

Наименование участков и рабочих операций	Минимальная освещенность, лк	Плоскость, в которой нормируется освещенность
Территории карьеров		
Карьер в районе производства работ	2	На уровне земли
Карьер в районах временного пребывания людей и районы транспортных коммуникаций	0,5	То же
Пути постоянного движения людей	1	» »
Лестницы, спуски с уступа на уступ	3	» »
Участки снятия вскрышных пород экскаватором	10	Вертикальная (со стороны машины)
Места производства ручных работ	5	На уровне земли
Конвейерная лента для транспортировки горной массы	2	На поверхности ленты
Отвалы	10	На уровне верха гусениц трактора
Хвостохранилище	0,5	На уровне земли
Измельчение глины на глинорыхлительной машине	10	Горизонтальная на уровне ножей машины
Мостик земснаряда	2	На уровне мостика
Карта намыва	2	На уровне карты намыва
Сливной колодец	10	Вертикальная
Добыча камня	10	Горизонтальная на уровне разрабатываемой породы
Строительные площадки		
Монтаж высоковольтного оборудования, монтаж и сборка различных механизмов, столярные, штукатурные, малярные и опалубочные работы, установка или монтаж арматуры	50	Горизонтальная
Бетонирование блоков с большим содержанием стальной арматуры, кладка из крупных бетонных блоков, сборка и монтаж готовых частей механизмов, металлоконструкций (каркасы зданий, колонны, фермы), санитарно-технические работы	30	»
Бетонирование крупных простых блоков, кирпичная кладка, монтаж сборных фундаментов, крановые работы, такелажные работы, сливные (шандорные) колодцы	10	»
Земляные работы, производимые экскаваторами, такелажные работы	5	»
Основные автодороги	10	Вертикальная
	3	Горизонтальная
Территории котлованов сооружений, участки разгрузки, погрузки и складирования материалов, карты намыва грунта	2	»
Железнодорожные пути и неосновные автодороги	0,5	»

бых работ, а также свободную ориентацию при передвижении по территории работающих и транспорта. На участках, где согласно табл. 12.42 требуется более высокая освещенность, она достигается путем дополнительной установки прожекторов общего локализованного освещения. Для остальной части территорий строительных площадок, где требуется возможность только ориентации, устраивается общее равномерное освещение (0,5 лк).

Общее равномерное освещение осуществляется прожекторами, устанавливаемыми по периметру площадок на мачтах высотой 10—50 м в зависимости от ширины освещаемой площадки. Применение для этой цели светильников нерационально за исключением узких площадок (20—30 м). При освещении строительных площадок шириной до 150 м следует применять прожекторы типов ПЗР, ПСМ или ПЗС с лампами ДРЛ, прожекторы ПКН и ИСУ с ГЛН, для площадок шириной 150—300 м — прожекторы ПКН и ИСУ с ГЛН, а также НЛВД. Для более широких площадок необходимо использовать МГЛ, мощные ГЛН и лампы ДКсТ-20000.

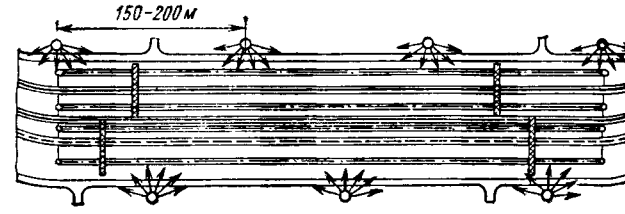


Рис. 12.30. Освещение монтажной площадки.

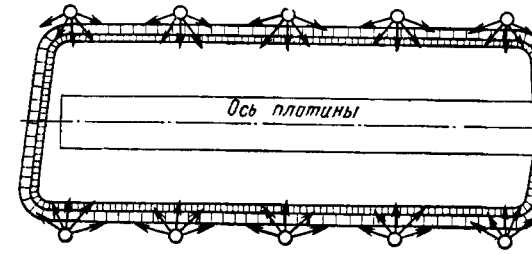


Рис. 12.31. Освещение котлована строящейся плотины.

Размещение прожекторных мачт для площадок шириной 75—150 м должно быть двухрядным шахматным (рис. 12.30), для более широких, также двухрядным по периметру, шахматным или прямоугольным (рис. 12.31).

Типовые варианты устройства общего освещения для уровней освещенности 0,5 и 2 лк приведены в [19].

Особенностью освещения строительных площадок является то, что уровень рабочих поверхностей по мере производства работ непрерывно изменяется. Вначале, при подготовке котлована под фундаменты, этот уровень понижается, а затем начинает повышаться, достигая наивысшей отметки строящегося сооружения. Если на нижних уровнях необходимые осветительные условия создаются общим прожекторным освещением, то на высоких уровнях приходится дополнительно устанавливать СП общего локализованного освещения (прежде всего на башенных кранах). На стреле крана и металлоконструкциях ствола монтируются светильники прямого света глубокого или концентрированного светораспределения или прожекторы. Это обеспечивает повышение освещенности в зоне производства подъемных и разгрузочных работ. Широко используются передвижные и переносные легкие опоры с прожекторами, например типа ПКН.

Освещение работ, производимых внутри строящихся зданий, несмотря на то, что здесь требуется создавать большие уровни освещенности (30 и 50 лк), не представляет больших трудностей. Для этой цели монтажными организациями разработаны и широко применяются различные инвентарные устройства, позволяющие быстро организовывать ОУ. Инвентарные стояки устанавлива-

ются на лестничной клетке и наращиваются вместе с ростом этажности здания. К стояку подключаются легкие переносные опоры с ОП.

Управление сетями наружного освещения. Наружное освещение должно иметь централизованное дистанционное управление [12.34]. Оно включает в себя центральный пункт управления, где размещаются пульт или щит управления и необходимые приборы, оборудование и блок питания; исполнительные пункты управления, где размещается необходимая аппаратура (число и месторасположение пунктов управления соответствуют числу и месторасположению пунктов питания НО); каналы связи между центральным и исполнительными пунктами в виде проводов и кабелей управления или линий городской или телефонной сети предприятия. Линии связи выбирают в каждом случае с учетом местных условий и возможностей.

Устройство централизованного дистанционного управления должно обеспечивать включение и выключение как всего НО объекта, так и его отдельных частей (освещения дорог, участков для складирования и погрузочно-разгрузочных работ, охранного освещения и т. д.). Пункт управления должен располагаться в помещении, где в темное время суток имеется дежурный персонал, который может включать или выключать НО. В помещении пункта должны быть телефон и ввод радиотрансляционной сети.

На некоторых предприятиях устраивается фотоавтоматическое и телемеханическое управление установками НО (см. § 10.3 и 12.1). Телемеханическое управление НО целесообразно в случаях, когда на предприятии предусмотрены телемеханические установки для управления электро- и энергоснабжением или различными технологическими процессами и система управления освещением является составной частью общей системы управления.

12.4. ОСВЕЩЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЦЕХОВ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

12.4.1. ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ

В производстве черных металлов (чугуна, стали и изделий из них) участвуют различные промышленные предприятия, состоящие из многочисленных основных и вспомогательных цехов и отделений. К таким предприятиям относятся обогатительные и агломерационные фабрики, перерабатывающие и подготавливающие руду для выплавки металла; коксохимические заводы, перерабатывающие каменный уголь в кокс; заводы и цеха по производству огнеупорных материалов, требующихся для домен, конвертеров, мартеновских и других печей; заводы с полным и неполным металлургическим циклом, в состав которых входят доменные, трубопрокатные, мартеновские, конвертерные, электросталеплавильные цеха, установки непрерывной разливки стали; предприятия по производству ферросплавов; прокатные цеха и др. Прокатные цеха и станы отличаются большим разнообразием: по производству прокатных заготовок (блюмов и слябов), сортопрокатные, рельсобалочные, листопрокатные горячей и холодной прокатки, листоотделочные, по прокатке стальной ленты, волочильные, трубопрокатные, трубосварочные и др.

Большое разнообразие предприятий и цехов черной металлургии не дает возможности привести рекомендации по освещению отдельных помещений и рабочих мест. Ограничимся только общими указаниями по устройству ОУ этих предприятий и более подробно остановимся на основных особенностях освещения отдельных рабочих зон, где выполняются наиболее напряженные зрительные работы.

Подавляющее большинство производственных и многие вспомогательные помещения предприятий черной металлургии относятся к помещениям с тяжелыми условиями среды: влажные, сырые, особо сырые, пыльные, с токопроводящей пылью, жаркие, с химически активными реагентами, пожаро- и взрывоопасные разных классов. В ряде помещений присутствуют по два и более из указанных признаков. Перечисленные условия среды оказывают решающее влияние на выбор конструктивного исполнения ОП электрооборудования, используемого в ОУ, и способов выполнения осветительных сетей.

Нормирование освещенности, коэффициента запаса, показателя ослепленности и коэффициента пульсации проводится по отраслевым нормам искусственного освещения основных цехов заводов черной металлургии, разработанным Всесоюзным научно-исследовательским институтом охраны труда (г. Свердловск). В этих нормах приведены краткие рекомендации по выбору систем и видов освещения, ИС и требования к строительной части производственных зданий.

В большинстве цехов и отделений металлургических предприятий выполняются работы средней и малой точности и грубые работы IV—VI разрядов [44], требующие создания освещенности (при ГЛ) в пределах от 300 до 100 лк. Во многих помещениях требуется только общее наблюдение за производственным процессом (VIII разряд, 30—75 лк). При использовании ЛН, широко применяемых для работ VI и VIII разрядов, освещенность снижается до 75—10 лк.

Во многих металлургических цехах (доменных, сталеплавильных, прокатных), где в поле зрения работающих попадает расплавленный или раскаленный металл, должна создаваться освещенность 200 лк (VII разряд). Нормы освещенности и показатели качества общего освещения для некоторых основных цехов и отделений заводов черной металлургии приведены в табл. 12.43. Общее освещение в большинстве производственных помещений выполняется равномерным. Локализованное освещение применяется относительно редко.

К цветности излучения ИС на предприятиях черной металлургии специальных требований не предъявляется. В высоких цехах широко используются лампы ДРЛ, также целесообразны МГЛ и НЛВД. Люминесцентные лампы, преимущественно типа ЛБ, применяются в основном в многочисленных электромашинных помещениях. Лампы накаливания находят применение для многих вспомогательных помещений небольшой высоты (менее 2,5 м), туннелей разного назначения, транспортерных галерей, мостиков и площадок в цехах, во взрывоопасных помещениях.

Многие производственные процессы на металлургических предприятиях требуют устройства АО для продолжения работы. Цеха и помещения, где необходимо АО, приведены в отраслевых нормах. Там же указано, где нужно предусматривать эвакуационное освещение. В высоких цехах, освещаемых лампами ДРЛ, МГЛ, НЛВД, для АО целесообразно использовать ГЛН мощностью 1000, 1500 и 2000 Вт.

Во многих цехах металлургических заводов (доменных, сталеплавильных, прокатных и др.), оборудованных мостовыми кранами, непрерывно занятыми в производственном процессе и вследствие этого не могущими быть использованными для обслуживания ОП, над кранами, как правило, в межферменном пространстве, вдоль пролетов цехов сооружаются специальные стальные мостики, на которых устанавливаются ОП и прокладываются осветительные сети (см. § 10.4 и 11.3). Размещение мостиков производится с учетом размещения оборудования, технологических линий, инженерных коммуникаций, прокладываемых в межферме-

Таблица 12.43. **Нормы освещенности, показатели качества общего освещения, рекомендуемые ИС и СП для некоторых основных цехов заводов черной металлургии**

Цех, отделение, участок	Рабочая поверхность	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г—горизонтальная, В—вертикальная)	Разряд зрительной работы [44]	Норма освещенности, лк, для ламп		Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Характеристика помещения по условиям среды	Источник света	Коэффициент запаса	Световые приборы общего освещения		
				газоразрядных	накаливания						Эксплуатационная группа по табл. 5, 11	Степень защиты по табл. 5, 8	Характерные типы
Доменные цеха													
Бункерная эстакада:													
верхние железнодорожные пути	Пути	Г	XII	5	5	—	—	—	ЛН, ДРЛ	1,5	—	—	ПКН, ПЗР
подбункерное помещение	Пол	Г	VIIIб	50	20	—	—	Сырое, пыльное	ЛН	1,5	4	5′3	НСП21
Скиповая яма	»	Г	VIIIб	50	20	—	—	То же	ЛН	1,5	5,6	IP54	НСП02, НСП03, НСП04
Литейный двор	»	Г	VIII	200	150	40	20	Пыльное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5′3, 5′4 5′0,5′3	РСП13 ГСП10, ЖСП01
Площадки обслуживания:													
внутренние	»	Г	VIIIб	50	20	—	—	»	ЛН	1,7	6	IP54	НСП02
наружные	»	Г	[44, табл. 17, п.4]	3	3	—	—	—	ЛН	1,5	6	IP54	НСП02
Разливочная машина:													
места разливки чугуна	Воронка	Г	VII	200	150	40	20	Жаркое, пыльное	ДРЛ ДРИ	1,8	3	5′3, 5′4 5′0	РСП13 ЖСП01
ковшовый пролет	Пол	Г	VIIIа	75	30	60	20	То же	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Депо чугуновозов	Пол	Г	VIIIа	75	30	60	20	Пыльное	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Сталеплавильные цеха													
Миксерное отделение:													
пути подвоза чугуна	Пол	Г	VIIIб	50	20	—	—	Жаркое, пыльное	ДРЛ	2,0	3	5′3, 5′4	РСП13
места заливки и слива чугуна	Ковш и горловина миксера	Г, В	VII	200	150	60	20	То же	ДРЛ ДНаТ	2,0	3	5′3, 5′4 5′0	РСП13 ЖСП01
Мартеновский цех:													
печной, разливочные пролеты	Пол	Г	VII	200	150	40	20	» »	ДРЛ	2,0	3	5′3, 5′4	РСП13
из мартеновской печи	»	Г	VIIIа	75	30	80	20	Пыльное	ДРЛ ДРИ	1,8	2,3	5′3 5′0	РСП08 ЖСП20
Склады скрапа, слитков	»	Г	VIIIб	50	20	—	—	»	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Ремонт, подготовка изложниц, стрипперное отделение	»	Г	VI	150	75	60	20	»	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Конвертерный цех:													
загрузочный, конвертерный, разливочный пролеты, пролеты под рабочей площадкой	Ковши, конвертер, изложницы	Г, В	VII	200	150	60	20	Жаркое, пыльное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5′3, 5′4 5′0,5′3	РСП13 ГСП10, ЖСП01
железнодорожные пути, пролеты под разливочной площадкой	Пол	Г	VIIIб	50	20	—	—	Пыльное	ЛН	1,7	4	5′3	НСП21
Электросталеплавильный цех, печной пролет	Пол, загрузочные окна	Г, В	VII	200	150	60	20	Жаркое, пыльное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5′3, 5′4 5′0,5′3	РСП13 ГСП10, ЖСП01
Цеха горячего проката													
Нагревательные колодцы	Пол	Г	VII	200	150	40	20	То же	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5′3, 5′4 5′0,5′3	РСП13 ГСП10, ЖСП01
Печи непрерывного действия:													
толкатели, форсунки	»	Г	VI	150	75	60	20	» »	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
окна загрузки, выгрузки	Стенка печи	В	VII	200	150	40	20	» »	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Адъюстаж заготовок	Пол	Г	IIб	750	300	20	10	Пыльное	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Прокатные станы:													
пролет стана	»	Г	IVб	200	150	40	20	Жаркое, пыльное	ДРЛ	2,0	3	5′3, 5′4	РСП13
клети	Валки	В	VII	200	150	40	20	То же	ДРЛ	2,0	3	5′3, 5′4	РСП13
моталки непрерывных листовых станов	Зона заправки ленты	Г	VII	200	150	60	20	» »	ДРЛ ДРИ ДНаТ	2,0	3	5′3, 5′4 5′0,5′3	РСП13 ГСП10, ЖСП01

Продолжение табл. 12.43

Цех, отделение, участок	Рабочая поверхность	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г—горизонтальная, В—вертикальная)	Разряд зрительной работы [44]	Норма освещенности, лк, для ламп		Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Характеристика помещения по условиям среды	Источник света	Коэффициент запаса	Световые приборы общего освещения		
				газоразрядных	накаливания						Эксплуатационная группа по табл. 5. 1	Степень защиты по табл. 5. 8	Характерные типы
Холодильники	Стеллажи	Г	VII	200	150	40	20	Жаркое, сырое	ДРЛ	2,0	3	5′3, 5′4	РСП13
Ножницы, пилы, прессы резки:													
горячей	Металл	Г	VII	200	150	40	20	Пыльное	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
холодной	»	Г	Vв+1	200	150	40	20	»	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Отделение контроля и отделки листа и сортового проката	»	Г	IIIб	300	200	40	15	»	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Цехи холодного проката листа													
Агрегаты непрерывного травления	Лента	Г	Va	200	150	40	20	Сырое, химически активное	ДРЛ ДРИ ДНаТ	1,8	3	5′3, 5′4 5′0,5′3	РСП13 ГСП10, ЖСП01
Прокатные станы:													
пролет стана	Пол	Г	IVб	200	150	40	20	Пыльное	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
клети	Валки	В	IVв	150	100	40	20	»	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Маслоподвалы	Пол	Г	VI-I	100	50	60	20	Сырое	ДРЛ	1,8	2,3	5′3, 5′4	РСП08
Агрегаты резки	Столы	Г	IVб	200	150	40	20	Пыльное	ДРЛ	1,8	3	5′3, 5′4	РСП13
Агрегаты непрерывного отжига:													
зона осмотра поверхности	Лента	В	IVа+1	400	300	40	20	»	ЛН	1,5	5,6	IP54	НСП02, НСП03, НСП04
площадка устройства очистки металла:													
верхняя	Лента	Г	VI	150	75	60	20	»	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
нижняя	Вентили, задвижки	В	VIIIа	75	30	80	20	»	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
верхние площадки накопителей	Оборудование	Г	VIIIб	50	20	—	—	»	ЛН	1,5	6	IP54	НСП02 НПП03
Башенные печи:													
нижние и верхние площадки приводных ролнков	То же	Г	Vв-1	100	75	60	20	Пыльное, жаркое	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
средние площадки	Пол	Г	VIIIб	50	20	—	—	То же	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
под печами	»	Г	VIIIб	50	20	—	—	» »	ЛН	1,5	6	IP54	НПП03
Отделения отделки и упаковки:													
столы контроля листов	Стол	Г	Iб	1250*	—	20	15	Пыльное	ЛЛ	1,6	2,3	IP20	ЛСП02
столы подачи, места упаковки листов	Пол	Г	Vв	105	100	40	20	»	ДРЛ	1,6	3	5′3, 5′4	РСП13
Склад пакетов листов	»	Г	VI	150	75	60	20	»	ДРЛ	1,6	3	5′3, 5′4	РСП13

* Освещенность создается общим и дополнительным локализованным освещением.

ном пространстве, строительных особенностей цеха и конструкции ферм.

В цехах с крановым оборудованием, работающих не круглосуточно или имеющих монтажные и ремонтные краны, ОП крепятся к фермам, а их обслуживание производится с кранов. При этом мостовые краны и кран-балки должны иметь приспособления для безопасного обслуживания ОП.

При наличии внутри цехов на производственном оборудовании площадок и мостиков для прохода персонала ОП освещения проходов часто устанавливаются на стойках, прикрепленных к перилам ограждений площадок и мостиков. В цехах с крановым оборудованием такие мостики, требующие освещения, сооружаются в межферменном пространстве в ремонтных зонах мостовых кранов.

В состав многих цехов металлургических заводов входят различные открытые технологические установки и участки, требующие искусственного освещения. Так, доменный цех имеет рудный двор, бункерную эстакаду, наклонный мост, пылеуловители, воздухонагреватели, железнодорожные пути для чугуновозов и др. Освещение некоторых из таких участков осуществляется прожекторами или светильниками с мощными ксеноновыми лампами или ГЛН, расположенными на высоких технологических установках или на специально сооружаемых прожекторных мачтах, мостиках. На технологических установках, имеющих лестницы и мостики для прохода обслуживающего персонала, при отсутствии возможности их освещения прожекторами устаиавливаются ОП с ЛН иа стойках, прикрепляемых к перилам ограждения мостиков. Для указанных наружных объектов требуется создавать относительно невысокие уровни освещенности — 2—5 лк. В зоиах многих из указанных открытых устаиовок и участков выделяется дым, копоть, химически активные вещества, взрывоопасные газы, что

должно учитываться при выборе конструктивного исполнения ОП и способов прокладки осветительных сетей.

Для высоких технологических установок и дымовых труб требуется устройство светового ограждения. Световое ограждение выполняется в соответствии со специальными правилами (см. § 10.2).

В некоторых цехах и отделениях заводов черной металлургии выполняются сложные или специфические зрительные работы, требующие применения различных специальных приемов освещения.

Работы, связанные с большим зрительным напряжением, ведутся в адъюстажных отделениях прокатных цехов, где проводится комплекс операций по браковке, сортировке, удалению пороков, клеймению прокатных заготовок и готовой продукции. Адъюстажные отделения занимают значительные площади, достигающие нескольких тысяч квадратных метров при ширине зоны работы от 3 м до всей ширины пролета (36 м).

В адъюстажных отделениях цехов горячего проката проводится осмотр слитков или заготовок и удаление пороков огневой зачисткой, пневматическими зубилами или передвижными наждачными станками. Наиболее напряженными операциями являются обнаружение пороков (трещин, зарезов и т. п., ширина которых может составлять 0,02 мм и длина 12 мм и более) и контроль за их удалением.

Зрительная работа в адъюстажных отделениях связана с различением мелких деталей, имеющих малый контраст с фоном. Условия искусственного освещения оказывают большое влияние на ПТ и качество работы. По данным исследований, выполненных Всесоюзным институтом охраны труда (г. Свердловск), улучшение освещения мест браковки стальных листов, покрытых цветным металлом, на ряде заводов повысило производительность труда на 4—9 %, снизило брак на 30 %, а улучшение освещения мест контроля цельнотянутых стальных труб позволило отказаться от повторной браковки.

Работа по удалению пороков относится к разряду IIб и требует при одном общем освещении обеспечивать освещенность 750 лк. Эту освещенность рекомендуется создавать на всей площади адъюстажа ОП с ГЛВД, установленными в верхней зоне цеха.

При небольшой ширине зоны адъюстажа (до 6—7 м) возможно применение локализованного освещения ОП, устанавливаемыми на поворотных кронштейнах (рис. 12.32). В рабочем положении кронштейн перпендикулярен продольной оси пролета, а при транспортировке заготовок краном поворачивается в положение, параллельное оси пролета.

Для доведения уровня освещенности до требуемого разрядом Iа значения 4000 лк при комбинированном освещении ЛН при работе контролеров пользуются ручными переносными ОП, питаемыми напряжением 36 В от электрических соединителей.

В адъюстажных отделениях отделки сортового проката выявляются такие же пороки, как на заготовках, и ведутся работы по удалению пороков. При этом преобладают работы по контролю, для которых освещенность нормируется по разряду Iа. В связи с трудностью устройства местного стационарного освещения и применением ручных переносных ОП рекомендуется устраивать общее освещение с освещенностью 1500 лк. Способы освещения адъюстажа холодного проката рекомендуются те же, что и для адъюстажа заготовок.

В адъюстажных отделениях листопрокатных цехов необходимо в ограниченное время выявлять трудно различимые пороки листов. В цехах горячей прокатки листы лежат на стеллажах высотой 0,1—0,2 м и контролеры ходят по листам и отмечают мелом выявленные пороки, которые удаляются переносными наждачными точилами. Поверхность листов темная, работа относится к разряду Iа.

В цехах холодного проката стопы листов подносятся краном к столам контролеров, поверхность листов светлая, работы относятся к разряду Iб. Трудность устройства местного освещения и неудобство применения переносных ОП приводят к необходимости устройства общего освещения, выполняемого ОП, устанавливаемыми в верхней зоне цеха и создающими нормируемую освещенность по всему пролету 150—200 лк. Дополнительно устанавливаются ОП локализованного освещения. При расположении рабочих столов контролеров на удалении до 10 м от края пролета ОП локализованного освещения устанавливаются на стенах и колоннах, что создает благоприятное направление света, исключающее отраженную блескость. Для отдельных рабочих мест возможна установка ОП локализованного освещения также на поворотных кронштейнах (см. рис. 12.32).

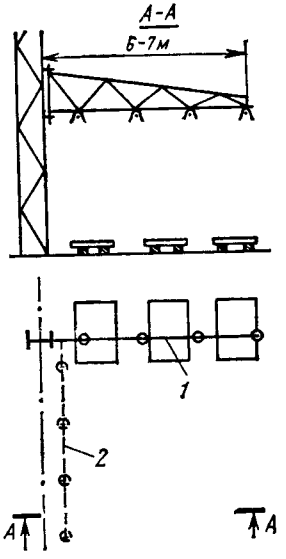


Рис. 12.32. Поворотный кронштейн со светильниками для освещения зоны адъюстажа, расположенной вдоль колонн цеха. *1* — рабочее положение; *2*—положение при транспортировке заготовок краном.

Для контроля листов с большим зеркальным отражением эффективны системы освещения отраженным светом. Одним из возможных решений таких ОУ может быть вогнутая диффузно отражающая поверхность, расположенная на расстоянии 1,2—1,5 м над рабочим столом и освещаемая направленными на нее снизу ОП с ЛЛ.

В горячих цехах (доменных, мартеновских, конвертерных и т. п.), где в поле зрения работающих попадает жидкий расплавленный металл, рекомендуется предусматривать дополнительное освещение мест заливки и выливки металла светильниками или прожекторами, направленными на эти места. Такое же дополнительное освещение устраивают для клетей прокатных станов в случаях, когда ОП общего освещения не удается создать на клетях необходимую освещенность. В горячих цехах имеются места, где расплавленный или раскаленный металл создает сильные восходящие потоки горячего воздуха (например, в местах разливки и на путях транспортировки жидкого чугуна и стали, в районе нагревательных колодцев и т. п.). В таких местах в верхней зоне цеха температура воздуха может быть столь высока, что установка ОП и прокладка электрической сети оказывается или вовсе невозможной или требует применения ОП и проводов, наиболее стойких к повышенной температуре.

Для больших производственных помещений металлургических предприятий, имеющих естественное освещение, при питании ОУ от нескольких подстанций целесообразно устройство централизованного дистанционного управления ОП общего рабочего, аварийного и эвакуационного освещения основных пролетов. Для освещения встроенных в такие пролеты помещений (электромашинных, контор, кладовых и т. п.) предусматривают местное управление. Для небольших производст-

венных и вспомогательных помещений независимо от наличия или отсутствия естественного света принимают местное или централизованное ручное управление освещением (см. § 10.3).

Для протяженных помещений, редко посещаемых людьми и имеющих два и более входов (туннелей всех назначений, кабельных и шинных галерей и т. п.), управление освещением осуществляется от каждого из входов или от тех из них, которые считаются основными. Для некоторых помещений с рабочим и аварийным (или эвакуационным) освещением, имеющих два входа, предусматривают местное управление рабочим освещением от одного из входов, а аварийного (эвакуационного) — от другого входа.

На шинах комплектных трансформаторных подстанций многих предприятий черной металлургии длительно поддерживается напряжение выше номинального, что часто вынуждает применять в осветительных сетях ограничители напряжения типа ТОН-3 (см. § 10.3).

Большое количество помещений высотой менее 2,5 м с повышенной опасностью и особо опасных в отношении поражения электрическим током, освещаемых ОП с ЛН, обусловливает необходимость широкого применения на предприятиях черной металлургии напряжения 36 В для питания общего освещения таких помещений.

В помещениях, где необходимо переносное освещение, розеточная сеть для его питания выполняется на 36 или 12 В в зависимости от характера среды в помещениях и других условий, создающих опасность поражения током.

При периодически проводимых ремонтных работах доменных, мартеновских, электросталеплавильных печей, конвертеров, когда производственный процесс прекращается и в относительно короткие сроки необходимо произвести замену огнеупорной выкладки внутренних стенок печей, применяют ручные и устанавливаемые на стойках ОП, питаемые напряжением 12 В. Для их подключения предусматривают трех- и однофазные понижающие трансформаторы, электрические сети и щитки с электрическими соединителями.

Способы проводки питающей и групповой осветительных сетей выбирают исходя из конкретных условий среды в помещениях и местах прокладки сетей (см. § 10.3).

12.4.2. НЕФТЕХИМИЧЕСКАЯ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Предприятия нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности включают в себя многие сотни различных цехов, производств, технологических процессов и операций. В большинстве — это производства с вредными условиями труда, связанные с применением в технологических процессах токсичных, горючих и взрывоопасных веществ.

Современные нефтехимические и нефтеперерабатывающие предприятия состоят из отдельных одно- и многоэтажных производственных зданий и открытых технологических установок, часто значительной высоты, связанных между собой открытыми эстакадами и подземными каналами с трубопроводами. Здания, в которых технологические процессы ведутся с применением токсичных или взрывоопасных веществ с плотностью по воздуху меньше единицы, имеют аэрационные фонари, дефлекторы и другие устройства для удаления легких газов из-под верхнего перекрытия. В многоэтажных зданиях для этих целей устраиваются аэрационные противовзрывные проемы. Во взрывоопасных помещениях ограждающие конструкции выполняются легкосбрасываемыми.

Наружные установки, связанные технологическими процессами с установками, расположенными в зданиях, в основном располагаются вдоль безоконных глухих стен или с торцов зданий.

Технологическое оборудование нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности в основном является крупногабаритным, многоярусным, имеющим многочисленные площадки для осмотра, обслуживания и размещения контрольно-измерительных приборов, запорной и регулирующей арматуры.

На территории заводов расположены склады для хранения сырья, промежуточных продуктов и готовой продукции. В основном это емкости, газгольдеры с расположенными на них замерными люками или устройствами, дыхательными и предохранительными клапанами, дренажными устройствами и устройствами отбора проб, приборами контроля, измерения и автоматизации. Все они имеют площадки обслуживания, лестницы, переходы. Технологическое оборудование, расположенное внутри и вне зданий, а также емкости с сырьем и готовой продукцией связаны между собой сложной системой трубопроводов, расположенных открыто в каналах, на эстакадах. Как правило, предусматривается автоматизация контроля и управления процессами с центральных или местных пунктов управления. Для зрительного наблюдения за процессами, где это необходимо, в стенах аппаратов, кабин, абсорберов устраивают смотровые окна.

Территории заводов имеют разветвленную сеть дорог и пешеходных дорожек между цехами, установками и т. д.

Помещения для электрооборудования, приборов и аппаратов контроля и автоматизации размещаются в отдельно стоящих зданиях или во вставках с подсобно-бытовыми помещениями.

Среда в производственных помещениях и наружных установках в основном химически агрессивная, взрыво- или пожароопасная разных классов.

В производствах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности зрительные работы относятся преимущественно к разрядам IIIв, IVв, IVг, Va, VI, VIIIа и VIIIб [44], т. е. связаны с общим наблюдением за ходом технологических процессов, показаниями приборов, аппаратуры управления и сигнализации, выполнением операций по управлению регулирующей и запирающей арматуры, наблюдением за состоянием оборудования, осуществлением контроля при погрузочно-разгрузочных операциях. Повышенное зрительное напряжение имеет место при снятии показаний или постоянном наблюдении за контрольно-измерительными приборами и приборами сигнализации; ремонте контрольно-измерительной аппаратуры и приборов; обслуживании технологического оборудования и наблюдении за процессами; регулировании и переключении аппаратов. Зрительные работы на наружных технологических установках относятся в основном к разряду XI, т. е. связаны с общим наблюдением за состоянием технологического оборудования, а также с операциями с запорно-регулирующей арматурой.

Сооружения, которые по высоте выделяются над окружающими застройками или превышают минимально допустимую по условиям безопасности высоту, должны иметь светоограждения (см. § 10.2).

Аварийное освещение необходимо предусматривать в помещениях (рабочих зонах) центральных и местных пультов управления технологическими процессами, в электротехнических помещениях, в помещениях с контрольно-измерительными приборами и приборами сигнализации, в помещениях или на участках расположения запорной и регулирующей аппаратуры, в насосных, в компрессорных, а также во всех помещениях и в наружных установках, где не исключена вероятность взрыва, пожара, отравления людей ядовитыми и токсичными газами. В связи с этим к устройству аварий-

Таблица 12.44. **Нормы освещенности и показатели качества освещения некоторых помещений химической и нефтехимической промышленности**

Помещения и производственные участки	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность в системе общего освещения, лк	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более
Машинные залы насосных, компрессорные	Г-0,8	VI	150	60	20
Помещения холодильников, абсорберов, скрубберов, змеевиков	Г-0,8	VIIIа	75	80	20
Площадки обслуживания	В — на поверхности оборудования, на запорной и регулирующей арматуре	VI	100*	80	20
Ремонтные площадки (зоны)	Пол	VI	150	60	20
Основные проходы	»	VIIIб	50	—	—
Пункты регулирования и переключения	»	VI	100*	80	20
Помещения для приборов контроля, автоматизации, газоанализаторов, плотномеров:					
на фасаде щита приборов	В-1,5	IVв	200	40	20
задняя сторона щита приборов	В-1,5	VI	100*	80	20
Экспресс-лаборатории	Г-0,8	IIIв	300	40	15
Весовые	Г-0,8	IIIв	300	40	15
Помещения для хранения реактивов, проб	В-1	Vг	100	60	20
Помещения газоспасательной службы:					
комната дежурных	Г-0,8	Vб	150	60	20
комната отдыха	Г-0,8	—	150	40	15
Склады емкостей химических и легковоспламеняющихся жидкостей:					
с разливом на складе	Пол	VIIIа	30**	80	20
без разлива на складе	»	VIIIб	20**	—	—
Склады химикалиев	»	VIIIб	20**	—	—
Наружные установки:					
оборудование на площадках, этажерках	Г-0,8	XI	10	—	—
сырьевые, товарные и промежуточные склады химикатов и легковоспламеняющихся жидкостей, нефти, мазута и т. п.	Г — на емкостях, горловинах Г — на мостиках, проходах, ступенях	XII [44, табл. 17, п. 4]	5 3	— —	— —
Предохранительные и дыхательные клапаны, запорная и регулирующая арматура	На оборудовании	XI	10	—	—
Замерные люки и устройства, места отбора проб и дренажа	То же	X	30	—	—
Сливно-наливные эстакады:					
на горловине цистерны и пульте управления	» »	XI	10	—	—
на площадке обслуживания	Пол	XII	5	—	—
на проходе	»	[44, табл. 17, п. 4]	3	—	—
Нефтеловушки, отстойные пруды	На уровне поверхности	XIII	2	—	—

* Освещенность уменьшена на одну ступень.
** При использовании ламп накаливания.

ного освещения необходимо подходить с особой тщательностью, в необходимых случаях требуемую по нормам освещенность от АО повышают. Так, в местах управления, контроля и регулирования минимальная освещенность от АО должна составлять до 15—20 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк в наружных установках.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий следует выполнять в соответствии с [44].

Отраслевые нормы для большинства производств нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности отсутствуют. Поэтому при выборе значений освещенности, коэффициентов запаса и других нормируемых светотехнических параметров следует руководствоваться отраслевыми нормами для аналогичных производств и нормами [44].

В табл. 12.44 приведены нормы освещенности для некоторых наиболее характерных помещений предприятий химической и нефтехимической промышленности. При выборе освещенности необходимо учитывать, что многие производственные процессы, происходящие в помещениях и в наружных установках, автоматизированы и управляются дистанционно. Поэтому обслуживающий персонал находится в них периодически, и это позволяет в помещениях, где выполняются работы V и VI разрядов, снижать освещенность на одну ступень.

Специфика расположения технологического оборудования, его крупногабаритность, многочисленные площадки, лестницы и переходы, насыщенность помещений трубопроводами и воздуховодами требуют тщательного подхода к выбору систем внутреннего и наружного освещения. Наиболее целесообразным является локализованное и частично комбинированное освещение.

Зоны, в которых расположены приборы контроля, управления и сигнализации, запорная и регулирующая арматура, змеевики, шкафы, пульты и т. п., требуют обеспечения нормируемой вертикальной освещенности.

Для наблюдения за процессами внутри технологических аппаратов устраивают местное освещение. Если оборудование не укомплектовано ОП местного освещения, то их установку целесообразно выполнить ОП, пристроенными к оборудованию, около смотровых окон или люков, на шарнирных кронштейнах или на металлическом гибком герметическом рукаве. Местное освещение также целесообразно устраивать по фронту шкафов, пультов управления и контроля, у запорной и

регулирующей арматуры на установках, расположенных внутри помещений и снаружи.

Для внутреннего и наружного освещения следует использовать преимущественно ГЛ (ЛЛ, ДРЛ, МГЛ, НЛВД), и только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности их применения допускается использование ЛН.

Специфических требований к применению тех или иных ИС нет, кроме мест, где по условиям технологии необходимо цветоразличение. На таких участках следует применять ГЛН или ЛЛ (см. § 10.2), если минимальная температура воздуха помещения не менее +5 °С и лампы питаются напряжением не ниже 90 % номинального. Для аварийного, эвакуационного и охранного освещения следует применять ЛН или ЛЛ.

Осветительные приборы выбирают исходя из конкретных условий среды с учетом обеспечения взрыво-, пожаро- и электробезопасности при их эксплуатации. Общие рекомендации по выбору ОП приведены в § 10.2 и 12.2.

В силу специфичности производств нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности предпочтение должно отдаваться ОП с лампами ДРЛ и ЛН, имеющим меньшие габариты по сравнению с ОП с ЛЛ, хотя последние можно применять в целесообразных случаях. Расположение ОП должно обеспечивать нормируемые светотехнические показатели, безопасный и удобный доступ для обслуживания и надежное крепление ОП.

Общее локализованное освещение является основной системой освещения. Светильники располагают вдоль технологического оборудования по возможности близко к освещаемым местам и рабочим зонам. Для крепления ОП к перекрытиям следует использовать подвесы, для установки на стенах и колоннах здания — кронштейны и стойки на перилах технологических и переходных площадках и мостиков. Как исключение для удобства обслуживания ОП могут использоваться мостики, предназначенные для прокладки электротехнических и других коммуникаций. Светильники могут монтироваться к крепежным конструкциям технологических трубопроводов и воздуховодов и другим конструкциям технологического оборудования. Высоту установки ОП выбирают с учетом их безопасного и удобного обслуживания, она не должна превышать 5 м над уровнем пола при обслуживании ОП со стремянок и приставных лестниц. Светильники не следует устанавливать над крупногабаритным оборудованием, трубопроводами, емкостями, приямками, щитами, пультами и в местах, где невозможна установка стремянок, лестниц и других напольных передвижных или переносных средств. Не рекомендуется устанавливать ОП выше 3,5 м над технологическими площадками, мостиками, переходами и т. п. при их креплении на стенах и выше 2,5 м при установке на стойках вдоль ограждения. Освещение помещений ОП, смонтированными только с одной стороны на стенах (на кронштейнах), допускается в помещениях, ширина которых не более 6 м, а при размещении их с двух сторон — при ширине не более 12 м. В обоих случаях затенения не должно быть.

При устройстве освещения на открытых наружных технологических установках в целях уменьшения капитальных и эксплуатационных затрат и экономии электрической энергии нормируемую освещенность следует обеспечивать только на участках постоянного обслуживания оборудования, в зонах переключающей и запорной арматуры, смотровых окон, на дыхательных клапанах и т. п. На всех других участках, прилегающих к рабочим зонам, допускается устраивать освещение, достаточное лишь для общей ориентации и безопасного прохода обслуживающего персонала. Здесь же допускается не устанавливать стационарного аварийного и эвакуационного освещения при условии, что у обслуживающего персонала обязательно имеются ручные переносные аккумуляторные фонари.

Для освещения внутри аппаратов и сооружений во время их осмотра и ремонта в действующем производстве должны применяться взрывозащищенные переносные ОП на напряжение не более 12 В, а также аккумуляторные фонари. Для подключения переносных ОП необходима специальная сеть.

Управление освещением производственных помещений и наружных установок следует осуществлять дистанционно из мест, удобных для обслуживающего персонала. Компоновку питающих и групповых линий, а также схемы управления, особенно наружных установок, необходимо осуществлять так, чтобы они соответствовали технологическим линиям, порядку и частоте осмотра оборудования обслуживающим персоналом, а для зон, редко посещаемых персоналом, нужно предусматривать местные отключающие аппараты.

Места установки групповых щитков, аппаратов управления, электрических соединителей, ответвительных коробок и пр. необходимо удалять от мест скопления, разгрузки, разлива горючих и агрессивных материалов, а при технико-экономической и эксплуатационной целесообразности выносить в помещения с нормальными условиями среды.

12.4.3. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Электротехническая промышленность имеет множество производств, причем наиболее характерные для них процессы близки по зрительным задачам и технологии к отдельным отраслям радиотехники, приборостроения и машиностроения.

Специфическими являются следующие производства: электромашиностроение, производство силовых трансформаторов, низковольтной аппаратуры, комплектных устройств, а также изготовление ИС.

Производство электрических машин осуществляется на заводах по изготовлению средних и малых машин и предприятиях, выпускающих гидро- и турбогенераторы. Анализ зрительных задач показал, что в производстве электрических машин наиболее часты работы высокой точности — разряд III [44] (например, изготовление коллекторов, укладка обмоток, сборка, контроль на испытательных станциях и т. п.). Встречаются также работы очень высокой точности — разряд II (например, намотка катушечных групп, работа на механических участках, участках доделки и контроля и т. п.). Контраст объекта с фоном различный: малый, средний и большой. При выполнении работ I—IV разрядов в соответствии с [44] следует применять систему комбинированного освещения. Система общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения. Нормативные требования к освещению цехов, участков и рабочих мест электромашиностроительных заводов содержатся в «Отраслевых нормах искусственного освещения предприятий электротехнической промышленности» (ч. 1 и 2, М.: Информэлектро, 1974 и 1976). Отдельные данные, характеризующие требования норм к освещению основных цехов и участков в целом, приведены в табл. 12.45. В случаях, когда освещение конкретного цеха допустимо выполнять системой как комбинированного, так и общего освещения, значения нормируемых показателей указаны в таблице для обеих систем.

Строительные параметры зданий основных цехов весьма разнообразны. Однако имеются два основных варианта строительных решений: с малыми модулями и высотами помещений и с большими. Первые характерны для заводов малых и средних машин, вторые — для

Таблица 12.45. **Примеры норм освещенности и качественных показателей* освещения ряда электротехнических производств (при освещении ГЯ)**

Цех, участок	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г-горизонтальная, В-вертикальная), высота от пола, м	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность, лк, при			Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более**
			комбинированном освещении		общем освещении		
			общее и местное	общее			
Электромашиностроительное производство							
Изготовление сердечников	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Участок штамповки	Г, В	IVб	500	150	200	40	20
Изготовление изоляционного материала и деталей	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Изготовление обмоток:	Г-0,8	—	—	—	300	20	20
участок намотки катушечных групп	Г, В	IIв	2000	200	—	20	20/10
участок изоляции секций	Г, В	IIIб	1000	200	—	40	20/15
Изготовление коллекторов	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
Сборка контактных колец	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
Укладка обмотки:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
участок укладки	Г, В	IIIб	1000	150	—	40	20/15
участки пропитки и компаундирования	Г	Vб	—	—	150	40	20
участо: заливки алюминием	Г	VII	—	—	200	40	20
Сборочный:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
участки узловой сборки	Г	IIIб	1000	150	300	40	20/15
участки генеральной сборки	Г, В	IIIб	—	—	300	40	15
испытательная станция	Г	IIIб	—	—	200	40	20
Малярно-отделочный	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
Производство высоковольтной аппаратуры							
Штамповочно-сварочный	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
Механообработочный	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
механические и слесарные участки	Г	IIв, IIIа	2000	300	—	20	20/15
Механосборочные:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
участки конвейерной сборки	Г	IIIб+1	1250	150	400	40	20/15
участки напольной сборки	В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
участки намотки	В	IIIб+1	1250	150	400	40	20/15
участки пропитки, заливки	Г	VI	—	—	150	60	20
Производство силовых трансформаторов							
Механический	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
на рабочих местах	Г, В	IIв	2000	300	—	20	20/10
Сварочный	В	IIIб	—	—	300	40	20
Штамповочный	Г	IVВ	—	—	200	40	20
Магнитопроводов:	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
участок раскроя	Г	Vб+1	—	—	200	40	20
участок сборки пакетов магнитопровода	Г, В	IIIб	1000	150	300	20	20/15
контроль магнитопровода	Г, В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
Изготовление изоляции:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
участок механической обработки	Г	IVб	500	150	—	40	20
участок изготовления обмоток	Г	IIIб	1000	150	300	40	20
намотка катушек	В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
участок пропитки, сушки	Г	VI	—	—	150	60	20
Механосборочный:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20/15
сборка трансформаторов I—III габаритов	В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
сборка малых трансформаторов	Г	IIв	2000	200	500	40	20/15
отделка и контроль трансформаторов	Любая	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
испытательная станция	Любая	IIIг	400	150	200	40	20/15
Производство низковольтной аппаратуры							
Заготовительный	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Штамповочный	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Механический	Г-0,8	—	—	—	300	20	20
Сварочный	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
Гальванический	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
Намоточно-пропиточный:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
участок заготовки изоляции	Г	Vб+1	—	—	200	40	20
участок намотки	Г, В	IIIб+1	1250	150	300	20	20/10
участок пропитки и сушки	Г	VI	—	—	150	60	20

Продолжение табл. 12.45

Цех, участок	Плоскость, в которой нормируется освещенность (Г-горизонтальная, В-вертикальная), высота от пола, м	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность, лк, при			Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, % не более**
			комбинированном освещении		общем освещении		
			общее и местное	общее			
Переработка пластмасс:	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
участок таблетирования	Г	Va	—	—	200	40	20
прессовый	Г	IVa	750	150	300	40	20/15
литьевое отделение	Г	IVa	—	—	300	40	20
Слесарно-сборочный:	Г-0,8	—	—	—	400	40	20
участок узловой сборки	В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
участок окончательной сборки и регулировки	В	IIIб+1	1250	150	400	20	20/15
Производство комплектных устройств							
Заготовительно-сварочный	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Сборочный:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
узловая сборка	В	IVб+1	750	150	300	40	20
общая сборка	В	IVб+1	750	150	300	40	20
испытательная станция	Любая	IIIг	400	150	200	40	20/15
Производство источников света							
Составной	Г-0,8	—	—	—	150	40	20
отделение обработки сырья и смесительное	Г	IVб	—	—	200	40	20
Стеклольный:	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
отделение варки стекла	Г	VII	—	—	200	60	40
стеклозаготовительное (выработка)	Г	IVa	—	—	300	40	20
Кварцевого стекла:	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
обработка кварцевого стекла	Г	IVв	—	—	200	40	20
перетяжка блоков в трубы	Г	IVa	—	—	300	40	20
Керамический	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Технохимический	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
Электродно-спиральный:	Г-0,8	—	—	—	300	20	20
участок перемотки на шпули	Г, В	IIIа	2000	200	—	40	20/15
участок спирализац и	Г	Iв	3000	300	—	20	20/10
участок сварки электродов	Г, В	IIв+1	2500	300	500	20	20/10
Цокольный:	Г-0,8	—	—	—	200	40	20
участок штамповки	Г, В	IIIб	1000	200	300	40	20/15
участок сборки цоколей	Г	IVб	750	150	300	40	20
участок гальванической обработки	Г	Vб+1	—	—	200	40	20
Сборка люминесцентных ламп:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
отделение мойки, сушки, нанесения люминофора	Г	IIIв	—	—	300	40	20
монтаж ножек	Г	IIб	3000	3000	—	20	20/10
укладка спиралей на кассеты	Г	IIIб	1000	150	—	40	20/15
откачка, наполнение, цоколевка	Г, В	IIIб	1000	150	300	40	20/15
Сборка ламп накаливания:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
изготовление ножек, крючков, приварка электродов, зачистка цоколей	Г	IIIб	1000	150	300	40	20/15
монтаж ножек	Г	IIб	300	3000	—	20	20/10
укладка спиралей	Г	IIIб+1	1250	150	—	40	20/15
откачка, заварка	Г	IIIв	750	150	300	40	20
Производство кварцевых горелок:	Г-0,8	—	—	—	300	40	20
монтажное отделение	Г	IIв	2000	200	—	20	20/10
участок откачки и наполнения	Г	IVб	—	—	200	40	20
монтаж ножек	Г	IIIб+1	1250	150	—	20	20/15
Контроль электрических параметров и испытательные станции	Любая	IIIг	400	150	200	40	20/15

* Коэффициент неравномерности регламентируется в соответствии с [44, п. 4.9].

** В числителе — максимально допустимое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе — для местного освещения и для системы общего освещения.

Таблица 12.46. Строительные параметры, условия среды, рекомендуемые типы ИС и ОП общего освещения, а также коэффициенты запаса осветительных установок

Цех, участок	Строительные параметры, м: Модуль	Строительные параметры, м: Высота	Среда	Коэффициент запаса	Тип источника света	Светильники общего освещения: Светораспределение по рис. 5.7*	Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Тип светильника
Электромашиностроительное производство										
Изготовление сердечников	6×6—6×18	3,6—6,0	Пыльная	1,8; 1,6	ЛЛ	Д-2	IБ	6	5′0	ПВЛМ (с лампами типа ЛБР)
	6×6—6×18	3,6—6,0	»	1,6; 1,8	ЛЛ	Д-1, Д-2	IБ, IIВ	6; 2; 3	5′0, IP20	ПВЛМ, ЛД
				1,6	ДРЛ	Д-1, Г-1	IIА, IVА	5; 7	IP60	РСП11, РСП12
	6×6—6×24	6,0—9,0	»	1,6	МГЛ	Г-1	IА	5	5′0,	УПДДРЛ
				1,8; 1,6	ДРЛ, МГЛ	Г-1	IА	4; 7	5′0	РСП14, ГСП14
				1,6	ДРЛ	Г-1	IVА	7	IP54	РСП16
	6×6—6×24	6,0—9,0	»	1,8	ДРЛ	Г-1	IА	3	IP23	РСП05
	6×6—6×24	9,0—14,4	»	1,6; 1,8	ДРЛ	Г-3, Г-4	IА	5; 3	5′4, IP20	РСП13, РСП18
	6×6—6×24	9,0—14,4	»	1,8	ДРЛ	Г-2, Г-3	IА	3	IP23, IP20	РСП05, РСП18
	6×6—6×24	9,0—14,4	»	1,6	МГЛ	НТ, Г-2	IА, IА, IА	3, 4	5′3, 5′0, IP20	ГСП10, ГСП14, ГСП18
Изготовление изоляционного материала и деталей	6×6—6×24	4,2—12,6	См. рекомендации для участков изготовления сердечников							
Изготовление обмоток:	6×6—6×18	4,2—6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	Д-2	IIВ, IБ	3; 2	IP20	ЛД, ЛСП02
			»	1,5	ЛЛ	Г-1, Л	IВ	2	IP20	ОДР, ЛСП13
			»	1,5	ЛЛ	Л	IВ	2	IP20	ЛСП13
	6×12—6×24	6,0—12,6	»	1,5	ЛЛ	Г-2	IВ	2	IP20	ЛСП13
участок укладки	6×6—6×18	4,2—6,0	»	1,5	ЛЛ	Д-2	IВ	6	5′0	ПВЛМ (с лампами типа ЛБР)
		6,0—10,8	»	1,5	ДРЛ	Г-1	IА	3; 2	IP23, IP20	РСП05, РСП18
				1,5	ДРЛ	Г-3	IА	3	IP20	РСП18
участок пропитки и компаундирования	6×6—6×18	3,4—6,0	Классов В-Iа, В-Iб и химически агрессивная	1,6	ЛЛ	М, Г-1	VIБ, VБ	6; 4	Повышенной надежности против взрыва	НОГЛ, НОДЛ
		6,0—10,0	То же	1,6	ДРЛ	Д-1	IА	6	То же	Н4Т4Л, Н4Т5Л, Н4АДРЛ-250
участок заливки алюминием	6×6—6×18	4,2—6,0	Пыльная	1,6	ЛЛ	Д-2	IБ	6	5′0	ПВЛМ (с лампами типа ЛБР)
		6,0—10,8	»	1,6	ДРЛ	Г-1, Д-1	IА, IIА	5	5′0, IP60	УПДДРЛ, РСП11
			»	1,6	ДРЛ	Г-1	IVА	7	IP60	РСП12
Производство высоковольтной аппаратуры										
Штамповочно-сварочные участки	6×6—6×30	4,8—15,0	Пыльная	См. рекомендации для участков изготовления сердечников						
		15,0—18,0	»	1,6; 1,8	ДРЛ	К-1	IА	5; 3	5′4, IP20	РСП13, РСП18
		15,0—18,0	»	1,8	ДРЛ	К-1	IА	3	IP20, IP23	РСП18, РСП05
		15,0—18,0	»	1,8	МГЛ	НТ	IА	3; 4	5′3, 5′0, IP20	ГСП17, ГСП14, ГСП18
		15,0—18,0	»	1,8	НЛВД	К-2	IА	3	IP23	ЖСП01
Участки намотки	6×6—6×24	4,0—6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления обмоток				
		6,0—10,0	»	1,5	ЛЛ					
Участки пропитки, заливки и сушки	6×6	3,0—4,0	Классов В-Iа, В-Iб, химически агрессивная	1,6	ЛЛ	См. рекомендации для участков пропитки и компаундирования				

Производство силовых трансформаторов

Изготовление магнитопроводов	6×12—6×36	6,0—9,0	Нормальная	1,5	ДРЛ	Г-1	IA	3	IP23,	РСП06
		6,0—9,0	»	1,5	МГЛ	Г-2, НТ	IA	3; 4	IP20,5′0	ГСП18, ГСП14
		9,0—15,0	»	1,5	ДРЛ	Г-3	IA	3; 5	IP20,5′4	РСП18, РСП13
		9,0—15,0	»	1,5	МГЛ, НЛВД	НТ, Г-2	IA	3	5′3, IP20	ГСП10, ГСП18
		15,0—20,0	»	1,5	ДРЛ	К-1	IA	3	IP23, IP20	РСП05, С35ДРЛ, РСП18
		15,0—20,0	»	1,5	МГЛ, НЛВД	К-2	IA	3	IP20, IP23	ГСП18, ЖСП01
		Свыше 20,0	»	1,5	МГЛ	НТ, К-2	IA	3	5′3, IP20	ГСП10, ГСП18
		Свыше 20,0	»	1,5	НЛВД	К-2	IA	3	IP23, IP20	ЖСП01
Изготовление обмоток, изоляционных деталей (все участки кроме пропитки и сушки)	6×6—6×18	4,2—6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	Л	IB	2	IP20	ЛСП13
	6×6—6×24	4,2—6,0	»	1,5	ЛЛ	Д-2	IIB, 1Б	3; 2	IP20	ЛД, ЛСП02
		6,0—9,0	»	1,5	ДРЛ	Л, Г-1	IA	3	IP20, IP23	РСП08, РСП05
		6,0—9,0	»	1,5	МГЛ	Г-1, Г-2	IA	3; 2	IP20	РСП18, ГСП18
		9,0—14,4	»	1,5	ДРЛ	Г-3	IA	3	IP23, IP20	РСП05, РСП18
		9,0—14,4	»	1,5	МГЛ	Г-2, НТ	IA	3; 4	IP20, 5′0	ГСП18, ГСП14
Участок пропитки и сушки	6×6—6×18	4,2—6,0	Классов В-1а, В-1б и химически агрессивная	1,6	См. рекомендации для участков пропитки и компаундирования					
		6,0—9,6		1,6						
Механосборочный	6×6—6×18	4,8—6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	Д-2, Л	IIB, IБ, 1В	3; 2	IP20	ЛД, ЛСП02 в сочетании с ЛСП13
	6×6—6×36	6,0—9,0	»	1,5	ДРЛ	Г-1, Л	IA	3; 2	IP23, IP20	РСП05, РСП18, РСП08
		9,0—15,0	»	1,5	ДРЛ	Г-3	IA	3	IP23, IP20	РСП05, РСП18
		9,0—15,0	»	1,5	МГЛ	К-2, НТ	IA	3; 4	IP20, 5′0	ГСП18, ГСП14
		15,0—20,0	»	1,5	ДРЛ	К-1	IA	3	IP23, IP20	РСП05, РСП18
		15,0—20,0	»	1,5	МГЛ	НТ, К-2	IA	3	5′3, IP20	ГСП10, ГСП18
		Свыше 20	»	1,5	МГЛ	К-2, Г-4	IA	3	IP20	ГСП19, ГСП18

Производство низковольтной аппаратуры и комплектных устройств

Намоточно-пропиточный: участки заготовки, намотки	6×6—6×18	3,6—7,2	Нормальная	1,5	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления обмоток				
участки пропитки и сушки	6×6—6×18	3,6—7,2	Классов В-1а, В-1б и химически агрессивная	1,6	ЛЛ	См. рекомендации для участков пропитки и компаундирования				
Слесарно-сборочный	6×6—6×24	4,2—6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления обмоток				
		6,0—9,0	»	1,5	ДРЛ	Г-1	IA	3; 2	IP23, IP20	РСП05, РСП18
		6,0—9,0	»	1,5	МГЛ	Г-2, Л	IA	3; 4	IP20,5′0	ГСП18, ГСП14 в сочетании с РСП09/Л
		9,0—12,5	»	1,5	ДРЛ	Г-3	IA	3	IP23, IP20	РСП05, РСП18
		9,0—12,5	»	1,5	МГЛ	Г-3, Г-2, Л	IA	3	IP20	ГСП17, ГСП18 в сочетании с РСП08/Л
Сборочный	6×6—6×24	4,8—6,0	Нормальная	1,5	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления обмоток				
		6,0—9,6	»	1,5	ДРЛ, МГЛ	См. рекомендации для слесарно-сборочного цеха				

Продолжение табл. 12.46

Цех, участок	Строительные параметры, м: Модуль	Строительные параметры, м: Высота	Среда	Коэффициент запаса	Тип источника света	Светильники общего освещения: Светораспределение по рис. 5.7*	Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Тип светильника
Производство источников света										
Составной	6×6—6×18	4,5—6,0	Очень пыльная	1,8	ЛЛ	Д-2	VIIг	6	5'0	ПВЛМ (с лампами типа ЛБР)
	6×6—6×18	6,0—9,0	То же	1,8	ДРЛ	Д-1, Г-1	IIA, IVA	5; 7	IP60,5'0	РСП11, РСП12, УПДДРЛ
	6×6—6×24	9,0—13,5	То же	1,8; 2,0	ДРЛ	Г-3, Г-4	IA	5; 3	5'4, IP20	РСП13, РСП18
Стекольный: отделение варки (зона печи)	6×12—6×30	7,2—15,0	Пыльная, жаркая	1,6	ДРЛ	Г-1, Д-1	IIA, IVA	5; 7	5'0, IP60	УПДДРЛ, НСП11, РСП12
отделение стеклозаготовительное	6×6—6×18	4,8—6,0	Пыльная	1,6	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления сердечников				
	6×6—6×30	6,0—9,0	»	1,6	ДРЛ					
	6×6—6×30	9,0—15,0	»	1,6	ДРЛ					
Кварцевого стекла, керамический	6×12—6×18	4,8—6,0	Пыльная, жаркая	1,6	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления сердечников **				
		6,0—9,0	То же	1,6	ДРЛ					
		9,0—15,0	» »	1,6	ДРЛ					
Техно-химический	6×6—6×12	5,0—7,2	Классов В-1а, В-1б*** химически агрессивная	1,6	ДРЛ	Д-1	IIA	5	IP60	РСП11
	6×6—6×12	5,0—7,2		1,6	ДРЛ	Г-1 Д-1	IVA, IIA	5; 7	IP60,5'0	РСП11, РСП12, УПДДРЛ
Электродно-спиральный	6×6—6×18	4,6—7,2	Нормальная	1,5	ЛЛ	См. рекомендации для участков изготовления обмоток				
Цокольный	6×6—6×18	4,5—7,2	Пыльная	1,6	ДРЛ	См. рекомендации для участков изготовления сердечников				
Сборки люминесцентных ламп	6×6—6×18	6,0—7,2	Нормальная	1,5	ЛЛ	Г-2	IB	2	IP20	ЛСП13
	6×6—6×18	6,0—7,2	Классов В-1а, В-1б	1,5	ЛЛ	Г-1, М	VБ, VIБ	4, 6	IP54	НОГЛ, НОДЛ
Сборки ламп накаливания	6×6—6×24	4,5—7,2	Нормальная	1,5	ЛЛ	Д-2	IB	2, 3	IP20	ЛД, ЛСП02

* НТ — ие типовая КСС.
** На площадках и под ними должны применяться светильники типа ПВЛМ с лампами типа ЛБР или ПВЛМ-Д с лампами типа ЛБ.
*** К указанным категориям относятся участки изготовления геттера, оксида, флюса, мастики, люминофоров.

Примечание. Приведенные в графе «Коэффициент запаса» значения даны в зависимости от эксплуатационной группы.

Таблица 12.47. **Рекомендации по освещению рабочих мест в электротехнической промышленности**

Рабочее место, процесс	Освещенность от светильников местного освещения, лк	Тип светильника (ламп)	Высота выходного отверстия светильника над рабочей поверхностью, мм	Примечание
Электромашиностроительное производство				
Станки намотки катушек: малые	1800	ЛКС01	100—150	Светильник крепится к станку так, чтобы его выходное отверстие размещалось над катушкой на высоте 100—150 мм
крупные	1800	ЛНП01	400—500	То же на высоте 400—500 мм
Столы по изоляции секций машин	800	ЛСП13	800—1000	Светильники устанавливаются на жесткой раме над столами
Столы по укладке обмотки в пазы и пайке проводов	800—900	Светильники с ЛЛ типа ЛБ65, перекрытые рассеивателями или имеющие защитный угол 30° совместно с НКС01	800—1000	Светильники типа НКС01 устанавливаются слева от обмотчиц, их световой поток направляется внутрь корпуса
Конвейер по укладке обмоток в пазы	800—900	То же	800—1000	То же
Пульты испытательных стендов	200—300	ЛПО12 или МЛ-2×40	—	Светильники крепятся на кронштейнах к стене
Производство силовых трансформаторов и высоковольтной аппаратуры				
Сборка трансформаторов механизированных мостков	800—900	ЛСП02 «Кососвет»	2250 (над рабочей площадкой)	Линии светильников устанавливаются на ограждении грузовой площадки (для освещения верхней зоны) и под рабочей площадкой (для освещения нижней зоны)
Стенды сборки магнитопроводов	500—800	РСП05, РСП13, РСП18, СЗ4ДРЛ (все светильники с КСС Г-3), Лампа ДРЛ400	5000 (от пола)	Светильники устанавливаются на колонне или стене
		УПСДРЛ400	3500—4500 (от пола)	Светильники устанавливаются на колонне (стене) на поворотных кронштейнах с вылетом 5 м
Места напольной сборки трансформаторов: рабочие места, удаленные от стен здания	1800	НСП21	2000—2500	Светильники устанавливаются на переносной стойке
рабочие места, расположенные вблизи стен здания	1800	УПСДРЛ400	3000—4000	Светильники устанавливаются на колонне (стене) на кронштейне
Участки намотки	1800	См. рекомендации по местному освещению станков намотки катушек		
Пульты испытательных станций	200—300	См. рекомендации по местному освещению пультов испытательных стендов		
Производство низковольтной аппаратуры и комплектных устройств				
Сборочные цеха: конвейеры (работа сидя)	400 (локализованное освещение)	ЛСП13/Л (линии) или ЛСО02 (линии)	1000	Рекомендуются для невысоких (до 6 м) и светлых помещений
конвейеры (работа стоя)	400 (локализованное освещение)	ЛД (линии) или ЛСП13/Л (линии)	—	Светильники типа ЛД устанавливаются над осью конвейера, типа ЛСП13/Л — над проходами
	1100 (комбинированное освещение)	ЛНП01	300—400	Вариант применим при небольших размерах изделия и достаточных габаритах рабочего места
столы контроля	1100	ЛНП01-2×30У	450—650	
Участки намотки (намоточные станки)	1100	ЛНП01-20×30У	450—550	С помощью подложек-экранов, располагаемых за проволокой, создается фон, увеличивающий видимый контраст проволоки
Рабочие места ОТК	1800	МЛ-2×40	500—600	При работе с блестящими деталями выходные отверстия светильников должны быть перекрыты рассеивателями, для обеспечения направленного светового пучка может быть использован светильник типа НКС01 (СГС-1)
Производство источников света				
Места визуального контроля стеклянных изделий: стол контроля тарелок и спиралей	—	Люминесцентные лампы типа ЛБ8	—	Контроль на фоне молочного стекла размером 180×230 мм. Расстояние от оси лампы до молочного стекла 20 мм, между осями ламп 60 мм. Лампы должны быть включены в разные фазы трехфазной сети

Продолжение табл. 12.47

Рабочее место, процесс	Освещенность от светильников местного освещения, лк	Тип светильника (ламп)	Высота выходного отверстия светильника над рабочей поверхностью, мм	Примечание
Места визуального контроля стеклянных изделий: контроль колб ламп накаливания	1500	По типу МЛ-2×40, ЛНП-2×20	~ 250 над уровнем глаз	Обнаружение дефектов производится на фоне вертикального экрана, расположенного непосредственно под ОП. Экран состоит из трех частей: черной матовой — для различения заливов, расстекловки трещин; белой матовой — для различения пузырей, инородных включений и трещин; клетчатой (черная сетка наложена на белый матовый фон) — для различения свилей
Столы браковки электродов	1100—1200	ЛНП-01-2×30У МЛ-2×40	500—600	Светильники устанавливаются на жесткой раме над столом, их выходные отверстия должны быть перекрыты рассеивателями
Сборка миниатюрных ламп накаливания: монтаж спиралей на монтажных столах	2700—2800	ЛКС01-2×8, ЛНП01-2×30	150, 300	Светильник устанавливается на столе, в его задней части
намазка цоколя, расправка проводов, надевание цоколя, фланца, цоколевание	900—1000	ЛКС01, ЛНП01, МЛ-2×40	200, 400 500—600	То же Светильник устанавливается на раме над серединой стола
столы браковки	1100—1200	ЛНП01-2×30У	400	Выходные отверстия светильников должны быть перекрыты рассеивателями
Контроль нанесения люминофора	—	Люминесцентные лампы типа ЛБ80	—	Контроль на фоне молочного стекла, под которым установлены лампы типа ЛБ80. Расстояние от оси лампы до молочного стекла 40 мм, между осями ламп 150 мм. Лампы должны быть включены в разные фазы трехфазной сети

предприятий, выпускающих гидро- и турбогенераторы. Наиболее часто встречающиеся варианты строительных параметров приведены в табл. 12.46. Там же даны характеристики условий среды, рекомендуемые типы ИС и ОП, а также коэффициенты запаса ОУ. В соответствии с [44] использование светильников 5, 6 и 7-й эксплуатационных групп допускает снижение нормированного значения $K_з$ на 0,2 для ОУ помещений с тяжелыми условиями среды. Поэтому для отдельных цехов в табл. 12.46 приведены два значения для $K_з$, каждое из которых может быть использовано при расчетах ОУ со своей группой ОП.

В производстве электромашин специальных требований к цветопередаче и цветоразличению не предъявляется, поэтому выбор типа ИС определяется только соотношением уровня необходимой освещенности и высоты помещения. Для низких помещений всегда целесообразно использовать в основном ЛЛ типа ЛБ, средних (6—10 м) и высоких помещениях (свыше 10 м) следует применять ИС большой единичной мощности (ГЛВД).

Выбор ОП общего освещения зависит от уровня нормируемой освещенности, плоскости, в которой ее требуется обеспечить, высоты помещения и его условий среды [10.20]. Так, для освещения невысоких помещений с нормальными условиями среды целесообразно использовать ОП с ЛЛ, имеющие КСС типов Д-1, Д-2 или Г-1. Для цехов высотой более 6 м рекомендуется применять ОП с ГЛВД с КСС типов Д или Г-1, а для высоких помещений — ОП с КСС типов Г-2, Г-3 или Г-4. В помещениях высотой более 17 м экономичность ОУ может быть увеличена путем установки ОП с КСС типа К. В помещениях средней и большой высоты, где выполняются зрительные работы очень высокой точности, желательно применение ОП с ЛЛ или МГЛ с КСС типов Г-2 и Г-3 [10.20].

В отдельных цехах на ряде рабочих мест необходимо обеспечивать нормируемую освещенность как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. При системе комбинированного освещения требуемая вертикальная освещенность может быть создана ОП местного освещения. При системе общего освещения можно использовать два приема. Первый полезен при необходимости вертикальной освещенности только на части рабочих мест. Если они расположены раздельно и их число мало, то вертикальная освещенность может быть обеспечена ОП типа кососвет, устанавливаемыми локализованно дополнительно к ОП общего равномерного освещения. Если рабочие места организованы в ряд (например, сборочный конвейер), то в дополнение к ОП общего равномерного освещения следует использовать несимметричные ОП, установленные в линию и обеспечивающие локализованное освещение (рис. 12.20). Когда при общем освещении вертикальная освещенность необходима на большинстве рабочих мест, применяется второй прием — для общего равномерного освещения используются ОП полуширокого светораспределения (с КСС типа Л).

Линии ОП общего освещения следует располагать в основном над рядами рабочих мест. В высоких и широких цехах, особенно при тесном расположении оборудования, линии ОП могут идти реже. Но расстояние между ними должно быть кратным расстоянию между рядами рабочих мест (уменьшение количества линий ОП допустимо только при отсутствии высокого оборудования или конструкций, которые могут затенять рабочие места).

Производство силовых трансформаторов характеризуется наличием зрительных работ очень высокой и высокой точности, нуждающихся в системе комбинированного освещения, которую трудно реализовать при больших габаритах изделий и необходимости обеспечения не только горизонтальной, но и вертикальной освещенности. Поэтому местное освещение в трансформаторостроении часто реализуется ОП общего освещения, снабженными дополнительным козырьком для обеспече-

ния защитного угла не менее 30°. Рекомендации по выбору необходимых типов светильников для общего и местного освещения приведены в табл. 12.46 и 12.47.

Производство низковольтной аппаратуры и комплектных устройств включает крупные цеха пластмасс, ОП для которых должны иметь степень защиты не менее IP50. При освещении сборочных работ, выполняемых на конвейерах различных конфигураций (с работой за ними как сидя, так и стоя) и поточных линиях, следует использовать рекомендации, приведенные в § 12.3. Рекомендуемые типы ОП для общего и местного освещения содержатся в соответствующих разделах табл. 12.46 и 12.47.

Характерной чертой производства ИС является наличие зрительных работ высокой, очень высокой и наивысшей точности. Это приводит к необходимости использования системы комбинированного освещения. Установки местного освещения на многих рабочих местах ОТК специфичны, так как должны обеспечить возможность просмотра отдельных узлов и элементов ИС на фоне равномерно светящейся поверхности (работы «на просвет»).

Рекомендации по выбору ОП для общего и местного освещения приведены в табл. 12.46 и 12.47. Отдельные вопросы освещения цехов электротехнических производств рассмотрены в [12.23 и 12.24]. Электрическая часть ОУ должна выполняться в соответствии с рекомендациями разд. 10.

12.4.4. ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Проектирование и реконструкция предприятий текстильной, швейной и трикотажной промышленности осуществляются на основании [12.35]. Здания прядильно-ткацких производств и промышленности нетканых материалов являются, как правило, одноэтажными, с подвесными проходными потолками и освещаются встраиваемыми ОП. В отдельных случаях используются многоэтажные здания шириной более 36 м с этажами высотой 4,8—6 или 7,2 м, между которыми делают технические этажи, откуда обслуживают ОП. Здания отделочных производств строятся одноэтажными, с верхним естественным освещением, допускается размещение этих производств в двух- и трехэтажных зданиях шириной до 60 м. Разрешается не делать верхнего естественного освещения в производственных помещениях с односторонним боковым естественным освещением при ширине помещений не более 36 м и с двухсторонним боковым — при ширине не более 60 м. Здания трикотажных и швейных производств — преимущественно многоэтажные.

Предприятия текстильной, швейной и трикотажной промышленности характеризуются различными технологическими процессами, применением твердых и жидких горючих и легковоспламеняющихся веществ и принадлежат к числу пожаро- и взрывоопасных производств (табл. 12.48). Производственное оборудование отличается многообразием рабочих поверхностей, расположенных в горизонтальной, вертикальной или наклонной плоскостях (табл. 12.49). Протяженность оборудования составляет 6—18 м, высота 1,35—4,6 м, ширина (для трикотажных предприятий — диаметр) 0,6—5,2 м.

В основных технологических цехах зрительная работа осложнена наличием движущихся объектов различения (нитей, тканей, изделий из ткани, трикотажного полотна и т. д.). Высокая скорость движения объектов различения может быть, например, в помещениях контроля тканей (до 50 м в минуту). На ткацких станках скорость движения нитей и ткани сравнительно невелика, однако отыскивание и связывание оборвавшихся нитей затруднены вследствие высокой плотности: на 1 м рабочей ширины приходится более 2200 нитей. На швейных машинах универсального челночного стежка производится 5000 стежков в минуту, размер стежка составляет от 0,15 мм и более. Продолжительность зрительной работы в ряде случаев составляет от 50 до 90 % всей рабочей смены. Максимальная продолжительность зрительной работы имеет место в мотальных, проборных, ткацких, стригальных и браковочных цехах текстильных фабрик [12.36], пошивочных и вязальных цехах трикотажных и швейных фабрик. По субъективной оценке работающих зрительная работа характеризуется высокой напряженностью при отыскивании и ликвидации пороков, особенно при многостаночном обслуживании.

Размер объектов различения на предприятиях швейной промышленности определяется размером стежка, а на предприятиях текстильной и трикотажной про-

Таблица 12.48. **Строительные параметры и рекомендации по выбору ОП для основных технологических цехов текстильной, трикотажной и швейной промышленности**

Предприятие, цех	Строительный модуль, м	Высота, м	Класс помещения по ПУЭ	Светильники общего освещения		
				Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Тип
Текстильные предприятия						
Приготовительно-прядильный	18×6, 18×12	4,8—6,0	П-II	7	IP53	ЛВП02, ЛВП31, ЛВП33, ВЛВ
Прядильный и крутильный	18×6, 18×12	4,8—6,0	П-II	2,3	5'3	ПВЛМ
Приготовительно-ткацкий и ткацкий	18×6, 18×12	4,8—6,0	П-II, П-IIа	7	IP54	ПВЛП, ПВЛ1, ЛВП04
Подготовительный, красильный, печатный и отделочный	12×18, 6×18	6,0—7,2	П-II, П-IIа	3,7	IP54	ЛВП04
Трикотажная промышленность						
Вязальный	6×6	4,8	П-II, П-IIа	3,7	IP20	ЛВП04
Швейная промышленность						
Раскройный и пошивочный	6×6	4,8	П-IIа	3,7	IP20	ЛВП04

Таблица 12.49. **Отраслевые нормы освещения различного технологического оборудования предприятий текстильной, трикотажной и швейной промышленности**

Производственное оборудование	Рабочая поверхность (Г—горизонтальная, В—вертикальная, Н—наклонная)	Разряд зрительной работы [44]	Минимальная освещенность при общем освещении, лк	Коэффициент пульсации, %, не более	Показатель ослепленности, не более	Дополнительные указания
Текстильная промышленность						
Питатели-смесители, кипоразборщики, разрыхлители, очистители, трепальные и щипальные машины	Питающая решетка, смотровые окна, В	VIIIa	100*/100	20	60	Предусмотреть встраиваемые светильники для кипоразборщика, внутри камер питателей и смесителей и переносной светильник для щипальных машин
Чесальные, гребнечесальные, ленточные машины	Бункер, В	VIIIa	100*/100	20	60	
	Прочес перед плющильными валиками Г	Vв	150/200	20	40	Хлопок
	Лентоукладчик, Г	Va	300*/300	20	40	Шерсть, шелк
	Транспортер, Г	VI	150/200	20	60	Лен
Ровничные машины	Ровница после вытяжного прибора, Г	IVв	150/200	20	40	
		IVa	300/400	20	40	Окрашенное волокно
		IVб	200/300	20	40	Лен
Прядильные, крутильные и прядильно-крутильные машины:						Предусмотреть встраиваемые в машины светильники
пряжа толщиной 50 текс и более	Нити после выхода из вытяжного аппарата, Н	IIIв	300/400	10	20	Хлопок
от 50 до 14,2 текс		IIг	300/400	10	20	Хлопок, шелк
		IIв	400**/400**	10	20	Хлопок, шерсть
менее 14,2 текс		IIв	500/500	10	20	Шерсть, хлопок
		Iг	400/400	10	20	Хлопок, шелк
Прядильные машины сухого и мокрого прядения льна:						
пряжа толщиной 170 текс и выше	Нити у вытяжных пар, Н	IVв	200/300	20	40	
от 200 до 68 текс		IIIв	300/400	15	40	
от 68 текс и ниже		IIг	300/400	15	40	
Пневмомеханические прядильные машины:						
пряжа толщиной от 50 до 14,2 текс	Нити на боковине, Г	IIв	500/600	10	20	Неокрашенная пряжа
менее 14,2 текс		IIа	750**/750**	10	20	
		Iв	750/750**	10	20	Окрашенная пряжа
Ткацкие станки:						
нити и пряжа толщиной 50 текс и более	Полотно и основа, Г	IIв	500/600	10	20	Предусмотреть освещение зоны зевообразования нитей и освещение полотна станков СТБ на просвет
от 50 до 14,2 текс		IIв	500/500**	10	20	
менее 14,2 текс		Iа	750**/750**	10	20	
Ткацкие станки, вырабатывающие ткани полотняного, мелкоузорчатого и крупноузорчатого переплетения:						Для станков, вырабатывающих ткани крупноузорчатого переплетения, предусмотреть встраиваемые светильники
нити толщиной 125 текс и выше	Полотно и основа, Г	IVб	200/300	20	40	
от 125 текс до 64 текс		IIIб	300/400	15	40	
ниже 64 текс		IIв	500/600	10	20	Станки полотняного и мелкоузорчатого переплетения
		IIб	750/750**	10	20	Станки крупноузорчатого переплетения
Жаккардовая машина	Зона работы, Г	Vб	100**/100**	20	40	Предусмотреть переносной светильник
Трикотажная промышленность						
Основовязальные машины:						
до класса 20	Полотно, Г	IIб	750/750**	10	20	Предусмотреть встраиваемые светильники в зоне игольницы
	Основа, Г	IIв	400**/400**	10	20	
класса 20 и выше	Полотно, Г	Iв	750/750**	10	20	При наличии в машине встраиваемых светильников освещенность от общего освещения должна быть не менее 400 лк
	Основа, Г	Iв	400**/400**	10	20	
Котонные машины для верхнего трикотажа	Полотно, Г	IIIа	600*/600	15	40	
Котонные машины для чулок	Полотно, Г	Iв	750/750**	10	20	
Просмотровые машины	Поверхность смотрового стола, Н	IIа	—	10	20	Комбинированное освещение освещенность 2000* лк, в том числе от общего 400/400* лк. Предусмотреть встраиваемые светильники над столом и освещение для контроля основовязаного полотна «на просвет»
Швейная промышленность						
Столы для настила и раскроя ткани	Поверхность стола, Г	IIIа	600*	20	40	
Швейные машины челночного стежка (одноигольные и двухигольные)	Ткань в зоне иглы, Г	IIа	—	10	20	Комбинированное освещение, освещенность 2000 лк, в том числе от общего 750 лк

* Освещенность повышена из-за напряженной зрительной работы в течение рабочего дня, повышенной опасности травматизма или необходимости цветоразличения.

** Освещенность уменьшена с целью ограничения отраженной блескости или установлена экспериментально. В числителе приведены освещенности для зданий с естественным освещением, в знаменателе — без естественного освещения.

мышленности, с учетом номинальной толщины пряжи, по уравнению

$$d = 0{,}03162R\sqrt{T}, \qquad (12.3)$$

где d — диаметр пряжи, мм; T — толщина пряжи, текс; R — коэффициент, зависящий от природы волокна:

Пряжа	Коэффициент R
Хлопчатобумажная суровая	1,25
Хлопчатобумажная отбеленная	1,30
Льняная сухого прядения	1,55
Льняная мокрого прядения	1,22
Шерстяная	1,33
Шелк-сырец	1,40
Вискозная штапельная	1,23
Ацетатный шелк	1,48
Капрон	1,50

В зависимости от группы волокна и способа его обработки толщина нити может изменяться даже на одиородном оборудовании. Например, в цехах сухого и мокрого прядения льна (при оческовой системе) нити имеют диаметр около 0,3 мм, а при системе мокрого прядения — 0,1—0,3 мм. Пряжа для грубых сукон и технических тканей имеет диаметр 0,3 мм, а шелковая пряжа — менее 0,1 мм.

Размеры объектов различения колеблются в широких пределах, однако преобладает зрительная работа, относящаяся к разрядам I—III (более 60 % оборудования). Коэффициент отражения материалов в большинстве случаев лежит в пределах 0,06—0,7.

По степени контраста объектов различения и фона зрительная работа относится к двум группам: первая группа объединяет производственные операции, при выполнении которых рассматриваются нити на фоне частей оборудования (ленточные, ровничные, прядильные, сновальные и другие машины), ко второй группе относятся зрительные операции по различению нитей и их переплетений на фоне тех же нитей (мотальные, сновальные, шлихтовальные, швейные и вязальные машины, ткацкие станки и т. д.). По отраслевым нормам проектирования искусственного освещения [12.35—12.37] при работе первой группы контраст большой (более 0,5), во втором случае контраст всегда малый (менее 0,2), так как значения коэффициентов отражения фона и детали одинаковы. В перечисленных группах имеет место фиксированное направление линии зрения работающих на рабочую поверхность.

Необходимые условия освещения оборудования и площадей цехов в целом выбираются в соответствии с [12.35—12.37]. В отраслевых нормах качество освещения характеризуется ограничением значений коэффициента пульсации освещенности и показателя ослепленности, равномерностью освещения, применением ИС различного спектрального состава, регламентированием составляющей общего освещения в системе комбинированного, специальными приемами освещения: на просвет, использованием переносных светильников для временного усиления освещенности и т. д.

На участках контроля, чистки и штопки продукции, в помещениях проборных станков, самокладов белосушильных барабанов, печатных и ворсовальных машин, гребнечесальных машин шерстяных фабрик и в приготовительно-раскройных цехах следует применять лампы типа ЛДЦ с улучшенной цветопередачей; в остальных цехах и отделах — лампы ЛБ и ЛХБ. В помещениях отделочных фабрик, на участках стригальио-накатных машин и мерсеризации, в отбельных цехах (кроме самокладов сушильных аппаратов и мест контроля качества отбелки), в красильных цехах (кроме участков промывных проходных аппаратов и самокладов) возможно применение ламп ДРЛ, в остальных цехах — МГЛ.

Таблица 12.50. **Характеристика вариантов размещения светильников (по типу ЛВП) в прядильно-ткацких цехах** ($K_з$=1,7; $H_р$=4 м)

Наименование комбинатов	Освещенность, лк	Количество и мощность ламп в светильнике (тип ламп)	Расчетная освещенность, лк	Количество светильников на 100 м²	Удельная мощность, Вт/м²
Ткацкие цеха					
Хлопчатобумажные и льняные	500	4×80 (ЛБ)	560	11,1	42,6
	400	3×80 (ЛБ)	420	11,1	31,5
Камвольные и хлопчатобумажные, вырабатывающие меланжевые и пестрые ткани; шелковые	600—750	4×80 (ЛХБ)	765	16,7	64,0
	600	3×80 (ЛХБ)	610	16,7	48,0
Прядильные цеха					
Хлопчатобумажные	300—400	4×80 (ЛБ)	375/315	16,7	64
Камвольные и хлопчатобумажные, вырабатывающие меланжевые и пестрые ткани	400	4×80 (ЛХБ)	350/290	16,7	64

Примечания: 1. Расстояние между рядами светильников 3 м, между центрами светильников вдоль ряда 2 м. В ткацких цехах хлопчатобумажных и льняных фабрик расстояние между центрами светильников вдоль ряда 3 м.

2. Для прядильных цехов $K_{зт}$=0,7; для ткацких цехов—0,85.

3. В числителе приведена расчетная освещенность для угла наклона нити 60°, в знаменателе — для 75°.

4. Показатель ослепленности 40 для светильников 3×80 и 20 для 4×80.

Коэффициент запаса в большинстве цехов 1,7, количество чисток светильников 4—6 в год; в приготовительно-ткацких и ткацких цехах, перерабатывающих пряжу и нити из натурального и искусственного шелка, в цехах контроля и аппретурио-отделочных, раскройных и пошивочных коэффициент запаса 1,6, количество чисток светильников 1—2 в год.

Во всех помещениях обязательно рабочее освещение и ЭО. В производственных цехах требуется выполнять преимущественно общее локализованное и комбинированное освещение. Последнее определяется большими габаритами оборудования, его протяженностью и размещением в виде линий и конвейеров. Перечень оборудования, требующего наличия ОП местного освещения, приведен в [12.35—12.38].

Размещение ОП общего освещения должно быть увязано со строительными конструкциями потолка, размерами отдельных его элементов, размещением вентиляционных устройств и других коммуникаций. При типовом проектировании предприятий ОП встраиваются в специальные проемы потолочных плит, различный уровень освещенности регулируется количеством и мощностью ИС в ОП. Варианты размещения ОП приведены в [12.38], в табл. 12.50 и 12.51 освещенность рассчитана с учетом коэффициента затенения $K_{зт}$. В ряде случаев требуются встроенные в оборудование или пристроенные ОП. Они предназначены для искусственного усиления контраста, и создаваемая ими освещенность не нормируется. Для включения этих ОП, так же как для ОП местного освещения и переносных, должны быть предусмотрены электрические соединители (Стандарт ССБТ 12.2005-80 «Оборудование технологическое для текстильной и легкой промышленности. Общие требования безопасности»). Для примера на рис. 12.33 приведена схема освещения ткацкого станка.

Таблица 12.51. Характеристика вариантов размещения светильников (по типу ПВЛМ с отражателем, решеткой, с двумя ЛЛ по 80 Вт) в прядильно-ткацких цехах ($K_з$ =1,7, $H_р$ = 4 м)

Нормируемая освещенность, лк	Расстояние, м: между рядами светильников	Расстояние, м: между центрами светильников вдоль ряда	Угол наклона нити	Тип лампы	Расчетная освещенность, лк
Прядильные цеха					
200	3—4	1,8—2,2	60°	ЛВ	235—215
200	3—4	1,6—1,8	75	ЛВ	230—200
300	3	1,6	60	ЛБ	320
300	2	1,8	75	ЛВ	335
300	2	1,8—2,0	60	ЛХВ	350—315
300	2	1,6	75	ЛХВ	320
400	2	1,6—1,8	60	ЛВ	460—410
400	2	1,6	75	ЛВ	380
500—600	4	2,0—1,6	0	ЛВ	510—620*
750	3	1,8	0	ЛВ	780*
750	3—2	2,2—1,6	0	ЛХВ	750—770
Ткацкие цеха					
300	4	2,5	—	ЛБ	345
400	3—4	2,0—2,6	—	ЛВ	440—430
500	3—4	1,6—2,2	—	ЛВ	540—520
600	2,5—3	1,6	—	ЛХВ	650—610
750	2	1,8—1,9	—	ЛХВ	800—700

* Данные для пневмомеханических прядильных машин, в горизонтальной плоскости, $H_р$ =3,5 м.

Примечания: 1. Для прядильных машин $K_{зт}$=0,70; для ткацких станков 0,85.
2. Показатель ослепленности 20 и более.

Таблица 12.52. Характеристика вариантов размещения КОУ1-М600-4×700 ($K_з$ =1,3; $H_р$ =3 м)

Нормируемая освещенность, лк	Расстояние, м: между линиями световодов	Расстояние, м: между вводными устройствами вдоль линии	Расчетная освещенность, лк
200	5	18	220—350
200	6	18	200—300
200	6	36	230—350
300	4	18	300—380
300	3	36	300—400
400	3	18	400—480
400	4	36	400—500

Примечание. При расчетах $K_{зт}$ =0,75 [12.39].

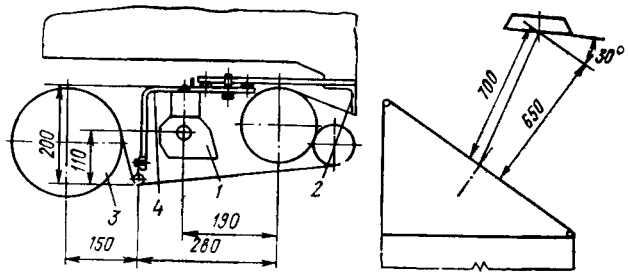


Рис. 12.33. Схема освещения ткацкого станка СТВ-2-330.

Рис. 12.34. Схема освещения браковочно-учетной машины.

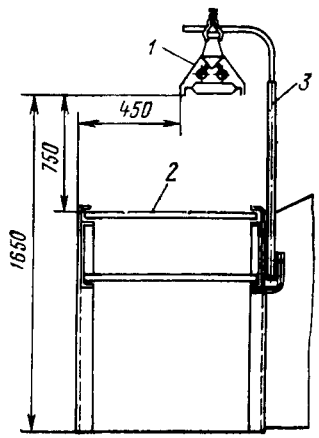


Рис. 12.35. Схема освещения конвейера сортировки шерсти.

Светильники *1* ПВЛМ с одной лампой 80 Вт устанавливаются под тканью между грудницей *2* и товарным валиком *3* по всей длине ткани (два ОП на один станок). Светильники прикрепляют к станине станка с помощью кронштейнов *4*. Освещение ткани «на просвет» позволяет ткачу и помощнику мастера своевременно предупредить появление брака и выпускать ткань высокого качества.

В схеме, приведенной на рис. 12.34, светильники местного освещения браковочно-учетной машины устанавливаются под углом 30° к плоскости смотрового стола. При изменении угла наклона стола положение ОП относительно стола должно оставаться постоянным. Уровень освещенности 1000 лк обеспечивается при использовании светильников ПВЛМ с лампами 2×40, уровень 2000 лк — с лампами 2×80 Вт. Местное освещение конвейеров сортировки шерсти (рис. 12.35) выполняется светильниками *1* типа ПВЛМ, являющимися конструктивным элементом конвейера. Светильники в количестве семи штук стыкуются в линию над полотном конвейера *2* и крепятся с помощью кронштейнов *3*. На полотне обеспечивается освещенность 1000 лк.

Комплектные осветительные устройства (КОУ) со щелевыми световодами освоены промышленностью (табл. 5.13), поэтому можно использовать их прежде всего в приготовительно-прядильных цехах льняных фабрик, имеющих в своем составе взрывоопасные фильтр-камеры, а также в других технологических цехах предприятий текстильной отрасли, где нормируемая освещенность не превышает 400 лк. Комплектные осветительные устройства со щелевыми световодами размещают поперек технологического оборудования (кроме ткацких цехов со станками фирмы «Ково») на расстоянии преимущественно 4 м друг от друга при расчетной высоте не менее 3 м. Характеристика вариантов размещения КОУ со щелевыми световодами (ЩС) с лампами ДРИЗ 700 приведена в табл. 12.52.

При использовании световодов для аварийного освещения одна из ламп (например, зеркальная лампа накаливания) должна подключаться к независимому источнику питания через переключающее устройство.

Полные приведенные затраты на оборудование приготовительно-прядильного цеха льнофабрики при КОУ со ЩС на 10 % ниже, чем при люминесцентных светильниках.

При расчете не учтена утилизация теплоты от обоих осветительных устройств (число и мощность кои-

дицнонеров), а также снижение численности обслуживающего персонала за счет сокращения точек обслуживания. Более полные сведения о КОУ даны в § 5.4.

Расчет освещенности от светильников общего освещения должен выполняться точечным методом (см. разд. 9), что обусловлено наличием затенений от оборудования, расположением рабочих поверхностей в различных плоскостях и незначительным влиянием отраженной составляющей. При расчете необходимо ориентироваться на использование ОП с ЛЛ, расположенных в виде линий преимущественно поперек оборудования.

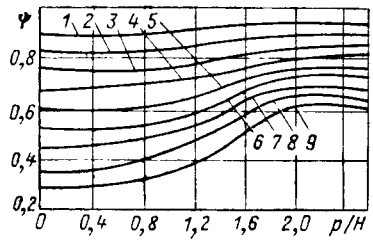


Рис. 12.36. Значения коэффициента ψ при расположении светящих линий поперек оборудования. Угол наклона θ равен: *1* — 10°; *2* — 20°; *3* — 30°; *4* — 40°; *5* — 50°; *6* — 60°; *7* — 70°; *8* — 80°; *9* — 90°.

Освещенность определяется уравнением [11] с использованием кривых равных значений освещенности [26] в координатах p' и l', где $p'=p/H$, $l'=l/H$; p — расстояние от расчетной точки до проекции светящей линии на плоскость, м; l — длина светящей линии, м; H — высота установки светильников над расчетной плоскостью, м.

На предприятиях текстильной промышленности рабочие поверхности оборудования часто расположены в наклонной плоскости и именно в этих плоскостях нормируется освещенность $E_н$. Значение $E_н$ может быть определено по освещенности в горизонтальной плоскости $E_г$ с помощью коэффициента ψ:

$$E_н = \psi E_г. \qquad (12.4)$$

Коэффициент ψ является функцией отношения p/H и угла между горизонтальной и наклонной плоскостями. Если расчетная плоскость расположена параллельно продольной оси светящей линии, то ψ определяется по графику Е. Н. Яковлева [26]. В этом случае для вертикальной плоскости $\psi=p/H=\operatorname{tg}\gamma$. При расположении светящих линий поперек оборудования ψ определяют по кривым Всесоюзного института охраны труда г. Иваново (рис. 12.36), полученным экспериментальным путем. Подробное изложение методики и пример расчета приведены в [12.36].

При выполнении расчетов необходимо учитывать экранирование света элементами оборудования. Машины вязальных цехов трикотажных фабрик и прядильных цехов текстильных фабрик экранируют до 30 %, ткацкие станки без кареток до 15 %, ткацкие станки с каретками до 50 % падающего светового потока.

Экранирование света характеризуется коэффициентом затенения $K_{зт}$. Применительно к предприятиям текстильной промышленности значение $K_{зт}$ зависит от отношения высоты оборудования над расчетной точкой h и ширины рабочего прохода b к высоте подвеса светильников над расчетной плоскостью H (рис. 12.37, *а*). Выбор значения $K_{зт}$ при расположении светящих линий поперек оборудования следует проводить по кривым, приведенным на рис. 12.37, *в*.

Освещенность с учетом затенения $E_{зт}$ определяется по формуле

$$E_{зт} = EK_{зт}. \qquad (12.5)$$

При расположении светящих линий вдоль оборудования коэффициент затенения не вводится, но при расчете освещенности учитываются лишь те линии, которые не экранируются оборудованием. Определение освещенности от этих линий проводится путем графического построения (рис. 12.37, *б*). Характеристики размещения подвесных и встраиваемых в перекрытие ОП приведены в [12.38] и в табл. 12.52 и 12.53.

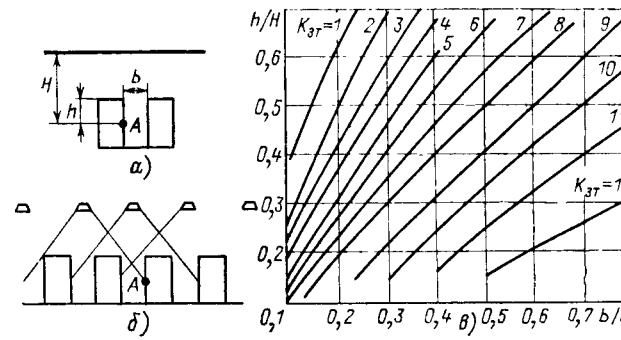


Рис. 12.37. К расчету освещенности с учетом затенения. *а* — параметры, определяющие уровень затенения; *б* — экранирование света оборудованием; *в* — значения $K_{зт}$.

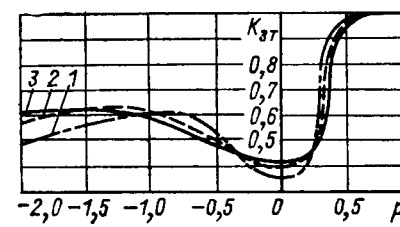


Рис. 12.38. График для определения коэффициента затенения. α, град, равен: *1* — 0; *2* — 45; *3* — 90.

В пошивочных цехах швейных фабрик при конвейерном расположении оборудования и системе общего освещения с локализованным размещением ОП с ЛЛ расчетная освещенность снижается на 10—30 % за счет экранирования света машиной и корпусом работающего. При произвольной ориентации оборудования применяется система общего освещения с равномерным расположением ОП. В этом случае для каждого варианта размещения машин относительно светящей линии должен определяться $K_{зт}$. В [12.41] приведены наиболее часто встречающиеся на практике случаи взаимного расположения швейной машины и светящей линии: параллельное ($\alpha=0$); перпендикулярное ($\alpha=90°$) и под углом 45° (α — угол между осью машины и проекцией светящей линии на плоскость). На рис. 12.38 приведен график зависимости $K_{зт}=f(p')$ для различных α, где $p'=p/H_р$ — относительное расстояние между головкой машины и проекцией светящей линии, выполненной из ОП по типу ПВЛМ-ДР, на плоскость, а $H_р$ — расчетная высота подвеса светильников, м. Значения p' принимаются со знаком плюс, когда линия зрения направлена в сторону светящей полосы, и со знаком минус в

Таблица 12.53. Варианты размещения облучателей с эритемными лампами типа ЛЭ30-1 в технологических цехах предприятий текстильной промышленности ($K_з = 1{,}5$)

Технологические цеха, станки	Расстояние, м		Высота установки облучателей, м		Расчетная горизонтальная облученность*, мэр/м²		Количество облучателей на 100 м²
	между рядами облучателей	между центрами облучателей вдоль ряда	от плоскости облучения	от пола	минимальная	максимальная	
Приготовительно-прядильные	3	9	5	6	4,2	6,8	6
	3	9	4	5	4,5	7,0	6
Прядильные и крутильные	3	6	5	6	3,0	4,5	7
	3	6	4	5	3,2	5,0	7
Ткацкие станки с каретками	3	6	5	6	2,5	4,7	4
	3	6	4	5	2,4	5,2	4
Ткацкие станки без кареток	6	4	5	6	5,6	7,4	4
	6	4	4	5	6,7	8,6	4

* При расчете учтено экранирование эритемного потока оборудованием: прядильные машины — 50 %, ткацкие станки с каретками — 30 %, без кареток — 10 %.

противоположном направлении. Исходными данными для расчета являются уровень освещенности в расчетной точке от каждой светящей линии, значения p' и коэффициентов затенения $K_{зт1}$, $K_{зт2}$, ..., $K_{зтn}$ (n — число светящих линий). Суммарный коэффициент затенения находится как частное от деления суммы освещенностей от отдельных светящих полос с учетом затенения на суммарную освещенность в расчетной точке.

Освещенность в зоне иглы швейной машины с учетом затенения определяется выражением (12.5), где в данном случае E — суммарная освещенность в расчетной точке с учетом прямой и диффузной составляющих освещенности.

Независимо от принятого расположения ОП в линиях (равномерное или локализованное освещение) наименьшее экранирование светового потока достигается в том случае, когда относительное расстояние $p' > 0{,}38$. Расположение светящих линий непосредственно над иглой швейной машины ($p'=0$) является недопустимым, так как в этом случае имеет место максимальное экранирование светового потока.

В помещениях влажно-тепловой обработки изделий затенение света элементами оборудования определяется путем графического построения [12.41]. Для этого на разрезе помещения обозначается производственное оборудование и ОП, а затем определяется угол действия ОП.

В помещениях без естественного света или с недостаточным естественным освещением должны предусматриваться облучательные светотехнические установки (ОСУ) длительного или кратковременного действия [44, 55]. Опыт показывает, что установки длительного действия более эффективны, так как все работающие в производственном помещении подвергаются действию малых доз УФ излучения в течение всей смены, для таких установок не требуется специальных помещений, работающие не затрачивают времени на посещение фотариев.

Основным элементом ОСУ являются облучатели с эритемными лампами типа ЛЭ30-1. Выбор лампы такой мощности обусловливается малой высотой производственных помещений (4,5—6 м). Дозы УФ облучения приведены в [55]. В производственном помещении без естественного света в горизонтальной плоскости на уровне 1 м от пола в течение рабочей смены рекомендуется обеспечить облученность 5 мэр/м², доза за сутки — 40 мэр/(ч·м²).

Облучательные светотехнические установки длительного действия оборудуются в основных технологических цехах текстильных (табл. 12.53), швейных и трикотажных фабрик (исключение составляют отделочные производства, в которых установки подобного рода не рекомендуются). Эритемные облучательные установки длительного действия устраиваются в помещениях, где нормируемая освещенность составляет 200 лк и более, а запыленность воздуха не превышает 3—4 мг/м³. Наличие ОСУ длительного действия приводит к уменьшению заболеваемости работающих на 4 % и более и к снижению бактериальной загрязненности воздуха более чем в 3 раза [12.42]. Рекомендации по расчету УФ облучения приведены в межведомственных руководящих материалах по устройству ОСУ в цехах текстильных предприятий, расположенных в зданиях без естественного света.

12.4.5. ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Виды производств деревообрабатывающей промышленности весьма разнообразны. Основными, наиболее крупными из них являются лесопильное, столярное, фанерное, мебельное, домостроительное, а также производство плит (древесностружечных, древесноволокнистых, ламинированных и др.) и клееных деревянных конструкций. Меньшую долю в общем объеме производства составляет изготовление древесной муки, лыж, спичек, тары и некоторой другой продукции. Кроме самостоятельных производств имеется большое количество деревообрабатывающих цехов в составе строительных баз, ремонтных блоков, предприятий разных отраслей промышленности.

Типы застройки действующих предприятий различны. Наиболее распространены одноэтажные (однопролетные и многопролетные) здания, реже встречаются многоэтажные и комбинированные. Здания имеют, как правило, естественное освещение (боковое, верхнее или комбинированное). Особенностью развития отрасли является широкое внедрение комплексной переработки древесины и связанные с этим строительство укрупненных комбинатов и внедрение в производство автоматизации и механизации.

Характерные для деревообрабатывающей промышленности работы могут быть объединены в следующие группы: 1) механическая обработка древесины (например, распиловка бревен, рубка, лущение и строгание чураков, станочная обработка и обрезка древесных изделий, фанеры и др.); 2) сушка древесных материалов, шпона, стружки, опилок; 3) обработка древесных материалов, заготовок и изделий клеями, смолами и другими растворами или препаратами; 4) прессование и склеивание материалов; 5) сборочные и сборочно-столярные операции; 6) шлифование, отделка лаками и

Таблица 12.54. **Нормы освещенности и качественные показатели освещения**

Производственное помещение, участок, оборудование	Рабочая поверхность или высота плоскости над полом, м	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная)	Разряд зрительной работы [44]	Освещенность, лк			Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Дополнительные указания
				при общем освещении	при комбинированном освещении				
					общее и местное	общее			
Лесопильное производство									
Цех лесопильный:									
отделение переработки и транспортировки отходов (1-й этаж)	0,8		VI	150	—		80	20	При лампах накаливания освещенность 75 лк
отделение лесопильное (2-й этаж):									
общее освещение по помещению	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
рама лесопильная со стороны выдачи	Брус, доска	В	IVв	—	400	150	40	20	
агрегаты фрезерно-пильные для распиловки бревен	Зона работы	Г	IIIг	200	—	—	40	15	
отделение сортировки пиломатериалов:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	—	150	—	—	40	20	
места браковки и маркировки досок	Доска (пороки)	Г	IIIв	—	750	150	40	20/15	При лампах накаливания освещенность 300 лк
транспортер поперечный цепной для разборки досок по сортам	Доска	Г	IVг	200*	—	—	40	20	
Склады пиломатериалов (на открытой территории)	Земля	Г	XII	5	—	—	—	—	
Цех сушильный	Пол	Г, В	VI	150	—	—	60	20	
Столярное производство									
Цеха изготовления и сборки оконных блоков, дверных полотен и строительных конструкций:									
отделение машиносборочное:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
станки торцовочные и прирезные	Деталь	Г	IVб	—	500	150	40	20	
станок для набора щита	Щит	Г	IVб	200	—	—	40	20	
станки фуговально-строгальные, сверлильные, торцовочные, шипорезные, долбежные, фрезерные, четырехсторонние, для заделки сучков	Деталь	Г	IVв	—	400	150	40	20	
участок шлифования деталей, узлов и изделий	Деталь, изделие	Г	IIIв	300	—	—	40	15	
участок сборки оконных створок, дверных полотен и коробок	Изделие	Г	IIIг	200	—	—	40	15	
отделение малярное:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
полуавтоматическая линия окраски столярных изделий	Зона работы оборудования	Г	VI	150	—	—	60	20	При лампах накаливания освещенность 75 лк
отделение остекления и сборки блоков	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
Мебельное производство									
Поток изготовления щитовых деталей:									
отделение раскроя и реброскленвания шпона	0,8	Г	IIIв	300	—	—	40	15	
стол для разметки и подбора текстуры шпона	Стол	Г	IIIв	—	1000*	150	40	20/15	Предусмотреть ИС с исправленной цветностью
станки кромкофуговальные и реброскленвающие	Станина	Г	IIIв	—	750	150	40	20/15	При контроле качества шва «на просвет» яркость светящегося фона должна быть 700—1000 кд/м²
отделение раскроя, калибрования и фанерования пластей мебельных щитов,									
общее освещение по помещению	0,8	Г	—	300	—	—	40	15	
станки для раскроя плит	Плита	Г	IIIв	—	750	150	40	15	
Отделение первичной обработки брусковых деталей	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
Отделение повторной машинной обработки деталей	Станки	Г	IIIв	300	750	150	40	20/15	
Станки шлифовальные	Деталь	Г	IIIв	—	750	150	40	20/15	
Отделение лакирования и облагораживания	0,8	Г	—	300	—	—	40	15	Предусмотреть ИС с исправленной цветностью
Отделение комплектовки и контрольной сборки	Изделие	Г	IVб	200	—	—	40	20	

Продолжение табл. 12.54

Производственное помещение, участок, оборудование	Рабочая поверхность или высота плоскости над полом, м	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная)	Разряд зрительной работы [44]	Освещенность, лк			Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Дополнительные указания
				при общем освещении	при комбинированном освещении				
					общее и местное	общее			
Фанерное производство									
Отделение разделки фанерного сырья из чураки и дрова и гидротермической обработки чураков	0,8	Г	—	150	—	—	40	20	
Отделение лущильное	0,8	Г	—	200	—	—	40	15	
Отделение сушильное	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
Отделение сортировочное и починочное	0,8	Г	—	300	—	—	40	15	
Столы, конвейеры или подсточные места для сортировки шпона, станки шпонопочинчные	Стол, станина	Г	IIв	500	2000	200	20	20/10	На столах — локализованное, на станках — комбинированное освещение
Отделение клеильное	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
Сушилки шпона конвейерные и камерные	Места загрузки и выгрузки	Г	IVв	200	—	—	40	20	
Столы или конвейеры, подстопные места для сборки пакетов с периодическим контролем сортиости	Шпон, пакет	Г, В	IIIв	300	—	—	40	15	При совмещении с операцией сортировки освещенность следует увеличить до 500 лк
Отделение сортировочно-обрезное	0,8	Г	—	300	—	—	40	15	
Цех изготовления смол:	0,8	Г	—	100	—	—	40	20	
участок вакуум-реакторов	Зона обслуживания оборудования	Г	IVб	200	—	—	40	20	
Производство древесных плит									
Цех изготовления древесно-стружечных плит:									
отделение изготовления стружки:	0,8	Г	—	150	—	—	40	20	
участки сушки стружки	Сушильные барабаны	Г	VIIIб	50	—	—	—	—	
участок проклеивания стружки	Форсунки, приборы	Г	IVб	200	—	—	40	20	
участок формирования, прессования и обрезки плит	Конвейер	Г	—	200	—	—	40	20	Освещенность в зоне насыпки ковра не менее 50 лк
отделение окончательной обработки плит:									
общее освещение по помещению	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
столы для сортировки плит	Плита	Г	IIв	500	2000	200	20	20/10	Комбинированное освещение в зоне контроля качества
Цех ламинирования плит и фанеры:									
отделение печатания текстурной бумаги	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
отделение пропитки и сушки бумаги (общее освещение по помещению):	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
агрегат пропитки и сушки на стороне съема и резки бумаги	Полотно бумаги	В	IIIб	300	—	—	40	15	На период чистки валков предусмотреть местное освещение не менее 1500 лк
конвейер формирования пакетов	Пакет	Г	IIIб	300	—	—	40	15	
отделение окончательной обработки плит	0,8	Г	—	200	—	—	40	20	
Домостроение									
Отделение раскроя и склеивания древесных плит и фанеры	Плита	Г	IVб	200	—	—	40	20	
Отделение изготовления фронтона, панелей крыши, элементов стен и перекрытий	Деталь	Г	IVг	150	—	—	40	20	
Отделение изготовления деталей каркаса, панелей и отделки	»	Г	IIIг	200	—	—	40	15	

Продолжение табл. 12.54

Производственное помещение, участок, оборудование	Рабочая поверхность или высота плоскости над полом, м	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная)	Разряд зрительной работы [41]	Освещенность, лк			Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Дополнительные указания
				при общем освещении	при комбинированном освещении				
					общее и местное	общее			
Участки и оборудование, общие для разных производств									
Склады готовой продукции, промежуточного складирования и выдержки	Пол	Г	VI	150	—	—	60	20	Предусмотреть локализованное размещение светильников в местах комплектации
Отделение приготовления клея	Оборудование, приборы	Г	Vб	150	—	—	40	20	
Отделение приготовления лаков и красок	То же	Г	IVб	200	—	—	40	20	
Отделение пленкожелеточное	0,8	Г	—	300	—	—	40	15	
Прессы различные	Поверхность оборудования	В	IVб	200	—	—	40	20	
Станки клеенаносящие:									
на стороне загрузки	Вальцы, деталь	Г	IIIв	300	—	—	40	15	
на стороне выгрузки	Деталь	Г	IVв	200	—	—	40	15	

* Норма освещенности увеличена на одну ступень в связи с выполнением напряженной зрительной работы в течение всего рабочего дня.

Примечания: 1. В графе «Коэффициент пульсации» в числителе приведено нормируемое значение для общего освещения в системе комбинированного, в знаменателе — для местного освещения и для системы общего освещения.

2. В случаях, когда освещенность указана только для системы комбинированного освещения, допускается при технической целесообразности устройство одного общего освещения с освещенностью, соответствующей указанному разряду.

красками, полирование изделий; 7) сортировочные и контрольные операции (как самостоятельные, так и в составе указанных выше процессов); 8) складирование первичного сырья, промежуточной и окончательной продукции; 9) погрузочно-разгрузочные и транспортные операции как на складах, так и на большинстве этапов работы, причем часто с выполнением сортировки или контроля.

Основными зрительными задачами на многих операциях, и в первую очередь на сортировочно-контрольных, в фанерном, мебельном, лесопильном, столярном, лыжном и других производствах, являются следующие.

1. Различение пороков древесины (сучков, грибных поражений, химических окрасок, пороков строения древесины) и дефектов механической обработки. Пороки бывают светлыми и темными, разных оттенков, мало отличающимися по цветности. Дефекты механической обработки оцениваются по наличию трещин (сомкнутых и разошедшихся), царапин, рисок, вмятин, багорных наколов, шероховатости поверхности. Размеры дефектов могут быть очень малыми (до 0,2 мм). Яркостной контраст объектов различения и фона мал, нередко обнаружить дефекты можно только с помощью теневых образования, при определенном направлении падения света (предпочтительным направлением является падение света поперек волокон древесины). Оптимальные углы падения света при освещении ЛН и ЛЛ, определенные во Всесоюзном институте охраны труда, г. Ленинград [12.42], составляют 45 и 60° соответственно. Фон, на котором рассматриваются дефекты, — светлый, реже — средний и темный.

2. Работа с предметами, обладающими зеркальным отражением (лакированными и полированными мебельными заготовками, ламинированной фанерой и др.). При этом требуется различать как дефекты защитного покрытия, обладающего направленным отражением (царапины, риски, неравномерность покрытия, посторонние включения, потертости и др.), так и текстуру древесины, направление волокон, дефекты диффузного фона, находящиеся под покрытием. Качественный контроль возможно осуществлять только при ограничении отраженной блескости.

3. Общим для указанных выше групп работы является наличие зрительного поиска, в том числе в условиях ограниченного времени осмотра, и необходимость зрительно суммировать количество дефектов и пороков древесины для оценки сортности. Для этого требуется просматривать всю поверхность материала (например, листы шпона, фанеры, плит, которые имеют размеры от 1,5×1,5 м и более). Расстояние от глаз работающего до объекта различения составляет более 0,5 м. В отраслевых нормах освещения это учтено при определении разряда зрительной работы по угловому размеру объекта различения.

«Отраслевые нормы искусственного освещения предприятий деревообрабатывающей промышленности» охватывают основные виды производств; данные для наиболее крупных из них приведены в табл. 12.54. Нормы указаны для ГЛ и соответствуют требованиям СНиП II-4-79 [44].

Зрительные работы в основном относятся к III—VI разрядам с преобладанием работ высокой и средней точности (III и IV разряды). Например, нормы освещенности в системе одного общего освещения составляют в целом в лесопильном производстве от 150 до 200 лк, в столярном — 200 лк, в лыжном — 200—300 лк.

Зрительными работами высокой точности и большими уровнями освещенности (300 лк) отличается производство мебели. Здесь, а также в лыжном производстве (III, IV разряды), нормами предусмотрено применение систем как комбинированного, так и общего освещения.

При контрольно-сортировочных операциях разных видов производств и некоторых станочных работах разряд зрительной работы более высокий — II, норма освещенности в системе общего освещения составляет 500 лк.

Таблица 12.55. **Условия среды, рекомендуемые ИС общего освещения в основных цехах деревообрабатывающей промышленности**

Основные отделения или участки	Условия среды[1]	Источник света	Коэффициент запаса[2]	Светильники общего освещения: Минимальная степень защиты по табл. 5.8	Светильники общего освещения: Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Светильники общего освещения: Тип светильника	Примечание
Отделение лесопильное и сортировочное (с торцовкой пиломатериалов)	П-II	ЛЛ (ЛБ, ЛБР), МГЛ, ДРЛ[3]	1,8 1,8	5′X, IP5X	7, 6, 4 7	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1 ГСП10, ГСП14, РСП11, РСП12	При наличии общеобменной вентиляции с местным нижним отсосом выбор светильников следует производить, как для зон класса П-IIа
Отделения машинной обработки древесных заготовок и деталей; машиносборочное в столярном производстве; изготовления деталей и элементов строительных заготовок и изделий в домостроении; раскроя, калибрования и фанерования мебельных щитов	П-II	ДРЛ, МГЛ	1,8	IP5X	7, 6, 5	ППД2-ДРЛ, РСП10, РСП11, РСП12, РСП14	
Участки раскроя древесных плит и фанеры в домостроении	П-II	ЛН	1,5	IP5X	7, 6, 5	УП24, ППД, ППД2, ППР	
Отделения лущильное, сушильное, клеильное; участок обрезки в производстве фанеры; отделения окончательной обработки ламинированных плит и фанеры, древесностружечных плит	П-II	ЛЛ (ЛБ, ЛБР), МГЛ, ДРЛ	1,8 7,65	5′X, IP5X	7, 6, 5, 4	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1 ППД2-ДРЛ, РСП10, РСП11, РСП12, ГСП14	То же
Отделение раскроя и реброскленвания шпона; участки сортировки и починки шпона и фанеры	П-II	ЛЛ (ЛХБ, ЛДЦ)	1,8	5′X, IP5X	7, 6, 4	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1	» »
Участки сборки столярных изделий, отделение остекления и сборки блоков, отделение комплектовки и контрольной сборки мебели	П-II	ЛЛ (ЛБ) МГЛ, ДРЛ[3]	1,5 1,5	5′X, IP5X	7, 6, 4	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1 РСП11, 12, ГСП14	
Отделение формирования, прессования и обрезки древесностружечных плит	П-II	МГЛ, ДРЛ[3], ЛЛ (ЛБ, ЛБР)	2,0 2,0	IP5X, 5′X	7, 6, 5 7, 6, 4	ГСП10, 14, РСП11, 12, 14 ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1	» »
Склады готовой продукции, промежуточного хранения и выдержки (пиломатериалов, древесных изделий и плит, фанеры, мебели)	П-IIа	МГЛ, ДРЛ[3], ЛЛ (ЛБ) ЛН	1,5 1,5 1,3	IP2X[5]	7, 6, 4	ГСП10, 14, РСП10, 11, 12, 14 ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1 УПД, УПС	
Сортировочное отделение (без торцовки пиломатериалов) и сушильный цех в лесопильном производстве	П-IIа	ЛЛ (ЛБ), МГЛ, ДРЛ[3]	1,5	IP2X[6]	7, 6, 4	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1, ГСП10, 14, РСП05, 18	
Сушильно-остывочные отделения в производстве мебели и клееных деревянных конструкций	П-IIа	ЛЛ (ЛБ), МГЛ, ДРЛ	1,5	IP2X[6]	7, 6, 5	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1, ППД2-ДРЛ, РСП10, 11, 12, 14, 08, 13, ГСП10, 14, 17	
Участки склеивания древесины и древесных изделий в домостроении и в производстве клееных деревянных конструкций	П-IIа	ЛЛ (ЛБ), МГЛ, ДРЛ	1,5	2′X[4]	7, 6, 5	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1, ППД2-ДРЛ, РСП10, 11, 10, 14	
Участок гидротермической обработки чураков и кряжей в бассейнах, расположенных в зданиях	П-IIа, сырое	ДРЛ, МГЛ, НЛВД	1,8	IP23	7, 6, 5	ППД2-ДРЛ, РСП10, 11, 12, 14, 08, 13, ГСП10, 14, ЖСП01, 14, 20	Предпочтительны светильники с корпусами и отражателями из пластмассы, стеклопластика, фарфора
Отделение шлифования древесных деталей и изделий, фанеры и древесностружечных плит	В-IIа	ЛЛ (ЛХБ, ЛДЦ, ЛБ)	2,0	IP5X	7	ПВЛП, ПВЛ1	При размещении станков в отдельном помещении
Отделения лакирования и облагораживания в производстве мебели, отделки столярно-строительных изделий и клееных деревянных конструкций лакокрасочными материалами	В-Iа	ЛЛ (ЛХБ, ЛДЦ)	2,0	Взрывозащищенные	6,4	НОДЛ, НОГЛ	
Участки пропитки шпона, сушки пропитанного шпона в производстве бакелизированной фанеры, глубокой пропитки изделий домостроения	В-Iа	ЛЛ (ЛБ) ДРЛ[3] ЛН	1,8 1,8 1,5	Взрывозащищенные[7]	6,4 6,5 6,5	НОДЛ, НОГЛ ВЗГ-ДРЛ, Н4А-ДРЛ ВЗГ-100А, Н4БН-150,	
Цех изготовления смол	В-Iа	ЛН ЛЛ (ЛБ)	1,3 1,5 1,8		6,5 6,4 6,4	Н4Б-300М НОДЛ, НОГЛ НОДЛ, НОГЛ	
Участки клее- и краскоприготовительные, лакозаготовительные	В-Iа	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛДЦ) ЛН	1,5	Взрывозащищенные	6,5	ВЗГ-100А	

[1] Класс помещений для одноименных участков должен уточняться технологами в зависимости от используемых материалов (жидкостей), от размещения опасных зон и других условий. При отсутствии специальных примечаний указан наиболее высокий класс.

[2] Значения коэффициентов запаса 1,8—2,0 (для ЛЛ и ГЛВД) и 1,5 (для ЛН) могут быть снижены на 0,2, если используются светильники эксплуатационных групп 5—7.

[3] Следует применять лампы ДРЛ с красным отношением 10 %.

[4] При наличии сплошного колпака из силикатного стекла.

[5] При выполнении ввода в светильник проводниками с негорючей оболочкой или в стальной трубе.

[6] При наличии металлической сетки или иного приспособления, препятствующего выпадению ламп.

[7] Для соответствующих групп и категорий взрывоопасных смесей.

В целом, несмотря на преобладание работ высокой и средней точности, наиболее целесообразной является система общего освещения. Объясняется это большими размерами обрабатываемых изделий, а также тем, что конструктивные и технологические особенности оборудования затрудняют применение местного освещения.

Светильники общего освещения независимо от системы освещения целесообразно располагать локализованно по причинам, указанным выше, а также при наличии высокого оборудования, затеняющего рабочие места или имеющего большие рабочие поверхности в вертикальной плоскости (например, прессы, бункера запаса щепы и стружки, сушилки и др.), при освещении механизированных и поточных линий при наличии разветвленной сети воздуховодов (для устранения отраженной блескости).

Отличительной особенностью предприятий деревообрабатывающей промышленности является пожароопасность почти всех помещений, взрывоопасность многих из них, в том числе по пыли [12.13]. Встречаются все виды классов пожаро- и взрывоопасных помещений и наружных установок.

В табл. 12.55 дана классификация помещений по пожаро- и взрывоопасности для основных отделений и участков крупных видов производств, составленная на основе «Инструкции по определению категорий производств и классов помещений предприятий лесной и деревообрабатывающей промышленности по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности», разработанной Гипродревпромом, Гипродревом, Гипролеспромом и Гипролестрансом.

Условия среды большинства производственных помещений отрасли пыльные. Согласно требованиям ГОСТ к воздуху рабочей зоны [12.44] предельно допустимая концентрация древесной пыли составляет 6 мг/м^3. Фактическая запыленность многих производственных участков отрасли близка к этому уровню, и поэтому указанное в табл. 3 [44] значение запыления 1 мг/м^3 и соответствующие ему коэффициенты запаса 1,5 при ГЛ и 1,3 при ЛН нельзя считать характерными для большинства участков деревообрабатывающей промышленности. Значения коэффициентов запаса в соответствии с требованиями скорректированных отраслевых норм освещения также приведены в табл. 12.56. В этой же таблице даются рекомендации по выбору ИС и ОП для конкретных отделений и участков, а также в зависимости от условий среды.

Строительные модули помещений составляют от 6×9 до 6×24 м, причем наблюдается тенденция их увеличения до 12×18 и 12×24 м. Высота помещений находится в пределах от 3 до 11 м. Более высокие относятся к производству древесных плит, прессовым, сушильным и другим участкам, на которых используется высокое оборудование.

Для освещения наиболее массовых помещений средней высоты с учетом характера выполняемых работ рекомендуется использовать ЛЛ, как правило, типа ЛБ. Эти ИС следует применять не только для точных работ, но и для работ малой точности и грубых. При необходимости правильного цветоразличения целесообразно использовать лампы типов ЛХБ и ЛДЦ.

При больших высотах рекомендуется применение ГЛВД, в первую очередь МГЛ, обеспечивающих лучшую цветопередачу (что особенно существенно для работы со светлыми древесными материалами), и во вторую очередь — ДРЛ (красное отношение 10 %).

Лампы накаливания допускается использовать для общего освещения в случаях отсутствия ОП с ГЛ. Рекомендуется применять ЛН для местного освещения (кроме случаев, требующих правильного цветоразличения, — на шпоночных станках и пр.), во вспомогательных помещениях и в помещениях для временного пребывания людей, для аварийного и эвакуационного освещения.

Таблица 12.56. **Нормы аварийного освещения**

Цех, отделение	Минимальная освещенность на рабочей поверхности, лк
Лесопильное производство (машина рубительная); фанерное производство (участок вакуум-реакторов цеха изготовления смол)	5
Лесопильное производство (рама лесопильная); столярное, мебельное, лыжное и домостроительное производства (отделения приготовления клея, краски и лака, отделения сушки, прессования); фанерное производство (сушильный цех, автоклавы в цехе изготовления фанерных труб, участки подготовки пропиточного раствора цеха изготовления древесных слоистых пластиков); спичечное производство (отделения приготовления зажигательной массы и изготовления спичек); цех изготовления древесностружечных плит (кроме отделения изготовлении стружки и окончательной обработки плит), древесноволокнистых плит и древесной муки; цех ламинирования плит и фанеры	10
Отделения отделки в производствах столярном, мебельном, лыжном и домостроительном	15

Для освещения открытых производственных и складских участков на территории рекомендуется применение мощных ГЛВД и ГЛН.

Общие положения выбора ОП для пожаро- и взрывоопасных зон установлены требованиями гл. VII-3 и VII-4 [57].

В наружных пожароопасных зонах класса П-III допускаются следующие минимальные степени защиты ОП: 2′3 для ОП с ЛН при наличии сплошного колпака из силикатного стекла, IP23 для ОП с ГЛ, причем для ОП с ГЛВД необходимо наличие металлической сетки или иного приспособления, препятствующего выпадению ламп. Однако из-за отсутствия уплотненных вводов в ОП указанных исполнений рекомендуется использовать приборы со степенью защиты не менее IP43. Для освещения бассейнов и мест выгрузки бревен из воды степень защиты ОП от проникновения воды должна соответствовать условиям мест их установки. Степень защиты ПРА для ОП, устанавливаемых внутри зданий в пожароопасных зонах не должна быть ниже IP4X, а для наружных — IP43.

Перспективным способом освещения помещений с тяжелыми условиями среды, в первую очередь взрыво- и пожароопасных и со значительным запылением, является освещение комплектными осветительными устройствами КОУ.

Особое внимание должно уделяться АО. Рабочие места, где необходимо устройство АО, а также значения минимальной освещенности, установленные отраслевыми нормами, приведены в табл. 12.56. В нормах учтены не только необходимость продолжения работы при непрерывных технологических процессах, но и возможность завершения определенного цикла технологического процесса, связанного с опасностью травматизма, с высокой стоимостью обрабатываемого материала или оборудования.

Эвакуационное освещение устраивают практически во всех основных цехах и отделениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

12.1. СН 357-77. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования производственных предприятий. — М.: Стройиздат, 1977. — 96 с.

12.2. **ГОСТ 15150-69.** Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортировки в части воздействия климатических факторов внешней среды.

12.3. **ГОСТ 12.1.004—76.** Пожарная опасность. Общие требования.

12.4. **СН 245-71.** Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. — М.: Стройиздат, 1972. — 97 с.

12.5. **ГОСТ 12.1.011—78.** Смеси взрывоопасные. Классификация.

12.6. **ГОСТ 12.2.020.76.** Электрооборудование взрывозащищенное. Термины и определения. Классификация. Маркировка.

12.7. **СНиП II-М-2-72.** Строительные нормы и правила. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования. — М.: Стройиздат, 1978. — 24 с.

12.8. **ГОСТ 12.1.005—76.** Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования.

12.9. **Инструктивные** материалы Государственной инспекции по энергонадзору. — М.: Энергия, 1977. — 376 с.

12.10. **Инструкция** по монтажу электрооборудования силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон. ВСН 332-74/ ММСС СССР.

12.11. **Инструкция** по монтажу электрооборудования пожароопасных установок напряжением до 1000 В. ВСН 294-72 ММСС СССР.

12.12. **Отраслевые** нормы, инструкция по эксплуатации осветительных установок и рекомендации по искусственному освещению основных цехов предприятий станкостроительной и инструментальной промышленности.—М.: НИИ информации по машиностроению, 1974. — 92 с.

12.13. **СН 472-75.** Инструкция по строительному проектированию литейных заводов и литейных цехов машиностроительной промышленности. — М.: Стройиздат, 1976. — 40 с.

12.14. **Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б.** О классификации и допусках на кривые силы света светильников. — Светотехника, 1978, № 6, с. 6—10.

12.15. **Шайкевич А. С.** Нормы освещенности металлорежущих станков. — Светотехника, 1972, № 5, с. 1—4.

12.16. **Черниловская Ф. М., Котова Э. Л.** Применение ламп ДРЛ в осветительных установках производственных помещений. — Светотехника, 1967, № 2, с. 1—6.

12.17. **Живов М. С.** Индустриальный монтаж осветительных установок. — 2-е изд. — М.: Энергия, 1978. — 89 с.

12.18. **Гинди Э. Л., Кузнецов В. М.** Конструктивные узлы осветительных установок. — Л.: Энергия, 1979. — 136 с.

12.19. **Фаермарк М. А., Каинсон И. Я., Богомолов М. И.** Рациональное освещение в сборочных цехах часовых заводов. — Приборы и системы управления, 1970, № 11, с. 49.

12.20. **Фаермарк М. А., Взовская Т. М.** Освещение основных цехов заводов гидрометеорологических приборов. — Приборы и системы управления, 1971, № 7, с. 56.

12.21. **Варсанофьева Г. Д., Фаермарк М. А.** Освещение сборочных цехов. — Промышленная энергетика, 1974, № 2, с. 21.

12.22. **Взовская Т. М., Фаермарк М. А.** Светотехнические решения общего освещения сборочных цехов приборостроительных заводов. — Светотехника, 1973, № 2, с. 7.

12.23. **Взовская Т. М., Фаермарк М. А.** О типовых решениях осветительных установок светотехнических заводов. — Светотехника, 1978, № 10, с. 6—7.

12.24. **Взовская Т. М., Фаермарк М. А.** Типовые решения осветительных установок основных производственных цехов предприятий низковольтной аппаратуры. — Светотехника, 1978, № 11, с. 20—24.

12.25. **Нормы** искусственного освещения для предприятий машиностроения. Справочник по технике безопасности и производственной санитарии. — М.: Машиностроение, 1966, с. 96—117.

12.26. **Нормы** освещенности люминесцентного освещения основных цехов предприятий точного приборостроения. — В кн.: Справочник по технике безопасности и производственной санитарии. — М.: Машиностроение, 1966, с. 118—134.

12.27. **Фаермарк М. А., Взовская Т. М.** Общее освещение цехов металлопокрытий приборостроительных заводов. — Светотехника, 1971, № 8, с. 11—13.

12.28. **Правила** и нормы техники безопасности, пожарной безопасности и производственной санитарии для окрасочных цехов. — М.: Машиностроение, 1977. — 78 с.

12.29. **ГОСТ 9.032-74.** Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения.

12.30. **СНиП II-31-74.** Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования.

12.31. **СН 466-74.** Инструкция по проектированию электрического освещения предприятий нерудных строительных материалов.

12.32. **Тополянский А. Б.** Электроустановки строительных площадок и вопросы электробезопасности. — Л.: Стройиздат, 1971. — 310 с.

12.33. **СН-81-80.** Указания по проектированию электрического освещения строительных площадок.

12.34. **Дадиомов М. С.** Управление осветительными сетями. — М.: Энергия, 1973. — 88 с.

12.35. **СН 122-73.** Указания по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений легкой промышленности.

12.36. **Дмитриевская Н. П., Зайчикова В. А.** О классификации зрительных работ на предприятиях текстильной промышленности. — В кн.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. — М.: Профиздат, 1966, вып. 40, с. 104—109.

12.37. **Отраслевые** нормы искусственного освещения предприятий текстильной отрасли промышленности. — М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1975. — 172 с.

12.38. **Отраслевые** нормы искусственного освещения швейных фабрик. — М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1974. — 19 с.

12.39. **Инструкция** по проектированию искусственного освещения предприятий трикотажной и фарфоро-фаянсовой промышленности системы Министерства легкой промышленности СССР.— М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1978. — 54 с.

12.40. **Дмитриевская Н. П., Частухина Т. Н.** О расчете освещения текстильных предприятий. — Светотехника, 1979, № 7, с. 15—18.

12.41. **Лепехина Н. И., Частухина Т. Н.** Методические указания к расчету освещения предприятий текстильной промышленности. — Иваново, ВНИИ охраны труда ВЦСПС, 1974.—45 с.

12.42. **Полякова А. Н.** Опыт применения ультрафиолетового освещения в безоконном текстильном предприятии. — В кн.: Состояние здоровья и пути снижения заболеваемости рабочих текстильных предприятий. — Иваново: 1977, с. 57—59.

12.43. **Дмитриевская Н. П.** К вопросу расчета освещения швейных фабрик. В кн.: Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. М.: Профиздат, 1974, вып. 87, с. 43—46.

12.44. **Соснаторов Н. И.** Пожаро- и взрывобезопасность электрооборудования деревообрабатывающих станков и автоматических линий. — М.: Лесная промышленность, 1976. — 144 с.

12.45. **Коц А. Я.** Освещение электрических станций и подстанций. — 4-е изд. — М.: Энергоиздат, 1981. — 168 с.

Раздел тринадцатый

ОСВЕЩЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

13.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Общие положения. К ОЗ относятся здания и сооружения непроизводственного характера, предназначенные для размещения организаций, учреждений и предприятий [13.1]:

управления, партийных и общественных организаций (административные здания);

строительства (проектные и изыскательские организации);

финансирования, кредитования и государственного страхования (банки, сберкассы и т. п.);

науки и научного обслуживания (научно-исследовательские институты, вычислительные центры, конструкторские бюро и т. п.);

здравоохранения, физической культуры и социального обеспечения (больницы, поликлиники, санатории, дома отдыха, стадионы, спортзалы, бассейны, дома-интернаты для престарелых и инвалидов и т. п.);

просвещения, культуры, искусства (школы, детские сады и ясли, высшие и средние учебные заведения, производственно-технические училища, библиотеки, музеи, выставки, клубы, дома культуры, парки культуры, дворцы пионеров, театры, кинотеатры, цирки, концертные залы и т. п.);

торговли и общественного питания;

коммунального хозяйства, бытового обслуживания населения (гостиницы, бани, парикмахерские, прачечные, ремонтные мастерские и т. п.);

связи и транспорта (почтамты, АТС, телеграфы, железнодорожные, речные, морские и авиавокзалы и т. п.).

Осветительные установки ОЗ играют значительную роль, так как наряду с выполнением утилитарных функций они являются средством архитектурной выразительности сооружений. В зависимости от назначения и характера ОЗ мощность ОУ составляет не менее 25 % общей электрической нагрузки, а в ряде случаев значительно выше. Для иллюстрации роли ОУ общественных зданий в общем энергобалансе страны можно указать, что к началу 1982 г. в ОЗ было установлено более 220 млн. световых точек (из них около 100 млн. с ЛЛ) общей мощностью 19 млн. кВт и годовым энергопотреблением около 20 млрд. КВт·ч.

Осветительные установки ОЗ не имеют принципиальных различий с ОУ промышленных предприятий, однако в ряде случаев существенно от них отличаются. Отличия могут быть следующие.

1. Большой объем помещений, предназначенных для кратковременного пребывания людей, зрительная задача которых состоит наряду с различением объекта в обзоре окружающего пространства (магазины, столовые, выставки). В ряде случаев обзор является основным (зрительные залы, фойе, вестибюли), что вызывает необходимость использовать специфические критерии качества ОУ (показатель дискомфорта, цилиндрическая освещенность), приемы и способы освещения.

2. Повышенные архитектурно-художественные и эстетические требования, предъявляемые к наружному виду и интерьерам и в том числе к ОУ. Это предопределяет использование широкой номенклатуры ОП улучшенного внешнего вида, исключает применение ИС, значительно искажающих цветопередачу лица. В парадных помещениях ОЗ широко используются приемы и и средства освещения, подчеркивающие архитектурный стиль сооружения, выявляющие его отдельные детали (архитектурное освещение). При проектировании ОУ приобретает большое значение правильное, наиболее целесообразное творческое взаимодействие архитекторов и светотехников.

В ОЗ широко используются разнообразные отделочные материалы богатой цветовой гаммы, что следует учитывать при проектировании ОУ. Большое применение находят подвесные (подшивные) потолки, выполненные из декоративных и звукопоглощающих материалов. За подвесным потолком образуются полости, используемые для прокладки инженерных коммуникаций, применяются также сборные перегородки, имеющие внутренние полости. Небольшая, как правило, высота помещений ОЗ вызывает стремление ввести в запотолочное пространство большую часть объема светильника (встраиваемые ОП) или полностью разместить в нем осветительные устройства.

Число этажей в ОЗ зависит от их назначения и колеблется в широких пределах — от одного — двух (детские сады, магазины, кинотеатры) до 20 и более (административные здания, гостиницы, вузы, НИИ, вычислительные центры и др.). При определении этажности здания в число этажей включаются все надземные этажи, в том числе мансардный и технические, а также цокольный, если верх его перекрытия находится выше планировочной отметки земли не менее чем на 2 м.

Характерные группы помещений (см. табл. 13.3 и [44]). К помещениям I группы относятся рабочие помещения с напряженной зрительной работой и фиксированным на рабочую поверхность направлением зрения. Это административно-конторские помещения, классы, аудитории, читальные залы, помещения проектных и конструкторских бюро, машинные залы вычислительных центров, лаборатории. Рабочие помещения большинства мастерских бытового обслуживания по существу являются помещениями I группы, но их ОУ регламентируются нормами промышленного освещения. Группа помещений, в которых зрительная задача состоит в различении объекта и обзоре окружающего пространства, относятся ко II группе (торговые залы магазинов, обеденные залы столовых, музеи и выставки, конференц-залы и залы заседаний, спортзалы, групповые, игральные и спальные помещения детских садов, основные помещения бань, приемные мастерских и т. п.). Обзор окружающего пространства — основная зрительная задача помещений III группы (зрительные залы, фойе, кулуары, зимние сады, холлы, вестибюли, рекреации и т. п.). Значительные площади в современных ОЗ занимают помещения коридоров, лестничных клеток, санузлов, в которых должны обеспечиваться условия для ориентации человека (помещения IV группы). Отметим, однако, определенную условность отнесения помещений ОЗ к той или иной группе. Так, в помещениях II группы часто располагаются рабочие места, на которых выполняется напряженная зрительная работа, свойственная помещениям I группы (например, места кассиров в торговых залах магазинов); помещения фойе (III группа) частично используются как выставочные (III группа); коридоры (IV группа) служат местом отдыха для посетителей (III группа).

Источники света. Установленне области применения ИС разных типов в различных помещениях ОЗ является непрерывным постоянно меняющимся процессом. Появление новых ИС, постоянное совершенствование традиционных ИС вызывает перераспределение областей их наиболее целесообразного эффективного использования. Так, в настоящее время ЛЛ являются основным ИС в большинстве помещений ОЗ, генерируемый ими световой поток составляет около 85 % общего в ОУ. В помещениях ОЗ как правило, используются ЛЛ типа ЛБ. Некоторые ограничения для их применения имеются в ОУ лечебных учреждений, зрелищных заведений, сфере торговли отдельными товарами и др. Значительное повышение комфортности световой среды может быть достигнуто при использования ЛЛ улучшенной цветности типов ЛЕ и ЛТБЦ, обеспечивающих более естественное восприятие цвета отделки интерьера и человеческого лица. Они рекомендуются в помещениях III группы. Для помещений с повышенными требованиями к цветоразличению рекомендуются лампы типов ЛДЦ, ЛХЕ, ЛДЦ УФ [58]. Интересные возможности архитектурно-художественного решения интерьера помещений для публики дает применение в ОУ светильников с кольцевыми, U- и W-образными ЛЛ. Встраиваемые ОП с модульными ЛЛ мощностью 42 Вт позволяют улучшить эстетическое качество ОУ и упростить работу по сооружению подвесных потолков, создать комплектные устройства, сочетающие строительные элементы подвесных потолков, светорассеивающие элементы, узлы систем вентиляции и кондиционирования воздуха, звукотехнические установки. Предстоит широкое внедренне в ОУ высокоэффективных ГЛВД (МГЛ, НЛВД, ДРЛ улучшенной цветности). Эти ИС мощностью 70—250 Вт в специально предназначенных для них ОП позволят создать экономичные ОУ хорошего эстетического качества. Следует отметить также интересную возможность использованиня в одном ОП ламп МГЛ и НЛВД, смешение световых потоков которых обеспечивает благоприятную цветность излучения и высокую экономичность. Возможно, практика применения ГЛВД в ОУ вызовет необходимость пересмотра области использования ЛЛ.

Лампы накаливания будут применяться в отдельных помещениях лечебных учреждений, зрительных залах, в установках декоративного и архитектурного освещения, в помещениях технического назначения без постоянного пребывания людей. Рекомендации по использованию ИС приведены в параграфах настоящего раздела.

Осветительные приборы. Номенклатура ОП для ОЗ подвержена значительным изменениям: лишь некоторые их серии выпускаются в течение нескольких лет. Естественное стремление архитекторов к созданию индивидуальных интерьеров требует большого разнообразия ОП, каждый из которых должен выпускаться в небольших количествах. Противоречие требований потребителей и интересов массового производства устраняется при выпуске серии ОП однотипной унифицированной конструкции, имеющей большое количество исполнений, отличающихся внешним видом и светотехническими характеристиками. Такими являются серии ОП с ЛЛ: УСП, Л2010М, ЛПО30, ЛВО03, ЛСО04 и потолочных ОП с ЛН (НПО18), исполнение которых различается по форме и материалу рассеивателей.

В табл. 13.1 и 13.2 приведены номенклатура и основные светотехнические параметры ОП для ОЗ (рис. П8, П.17, П20 иллюстрируют таблицы). В ОЗ могут также использоваться ОП, предназначенные для промышленного освещения (см. табл. 12.3—12.5).

Выбор ОП проводится с учетом их светотехнических параметров, конструктивного исполнения, внешнего вида. Осиовные помещения ОЗ по условиям среды относятся к иормальным.

Для обеспечения наиболее благоприятного распределения яркости в помещениях со светлыми потолками часть светового потока ОП (не менее 10—15 %) должна быть направлена в верхнюю полусферу. В рабочих помещениях целесообразно использовать ОП преимущественно прямого и рассеянного света с КСС в нижней полусфере типа Л. В установках архитектурного освещения часто применяют ОП отраженного света. При системе общего равномерного освещения больший уровень освещенности в вертикальной плоскости обеспечивают ОП с небольшой концентрацией светового потока (с КСС типов Д и М). Вертикальная освещеиность повышается и при использовании ОП преимущественно отраженного и отраженного света. При этом тип КСС в верхней полусфере особого значения не имеет. Для акцентирующего освещения желательна значительная концентрация светового потока (КСС типов К и Г).

В ОЗ очень большое, иногда решающее значение имеет внешний вид ОП, его эстетическое восприятие. Однако при выборе ОП для освещения основных помещений вопросы экономичности должны играть решающую роль. Выбор ОП по внешнему виду в ущерб экономической целесообразности может быть допущен лишь для отдельных парадных помещений здания, площадь которых составляет небольшую долю общей площади здания.

В существующей практике освещения ОЗ светильники-блоки с открытыми ЛЛ используются в основном в установках архитектурного освещения (карнизах, панелях светящих потолках, а также в помещениях с кессонированными потолками для кратковременного пребываиия людей, где защитные углы ОП создают за счет строительных элементов (балок, щитов, например в метро). Возможно расширение области использования светильников-блоков за счет распространения ее на группу помещений, где не нормируется показатель дискомфорта: вестибюли, гардеробные, лестницы, лифтовые холлы, коридоры, проходы, уборные и т. п. Расчеты показывают, что в помещениях с коэффициентами отражения потолка, стеи и пола соответственно не ниже 0,5, 0,3 и 0,1, освещаемых одноламповыми светильниками с ЛЛ, показатель дискомфорта не превышает 60. Поэтому, если это допускают, архитектурно-художественные требования, светильники-блоки могут быть применены для освещения и таких помещений для публики, как кулуары, фойе, помещения для посетителей в ремонтных мастерских, пуиктах проката и даже в залах заседаний и в актовых залах.

Светильники с ЛЛ для ОЗ комплектуются стартерными ПРА, как правило, с особо низким уровнем шума. В двух- и четырехламповых светильниках обеспечивается включение половины ИС по схеме опережающего, а половины — по схеме отстающего тока, что гарантирует для ламп типов ЛБ и ЛТБ соблюдение нормируемых значений коэффициента пульсации в помещеннях любого назначения. Коэффициент мощности многоламповых ОП не менее 0,9. В одноламповых ОП либо устанавливаются компенсированные индуктивные ПРА либо в помещении размещаются ОП, комплектуемые иекомпенсированными индуктивными и емкостными ПРА. При использовании таких ОП в ОУ их следует чередовать.

Светильники, предназначеиные для установки в линию, имеют полости для прокладки в них групповых сетей рабочего и аварийного освещения, чем достигается значительное облегчение монтажа и экономия труб групповой сети и закладных коробок.

Конструкция встраиваемых ОП предусматривает детали крепления их к элементам подвесного потолка толщиной до 28—50 мм.

Широкое применение в ОУ должны иайти потолочные и встраиваемые ОП с ГЛВД и ОП для установки на однофазных шинопроводах.

Теплота, генерируемая ОУ в ОЗ, составляет 15—30 % общей нагрузки на систему кондиционирования, поэтому снижение радиационных поступлений от ОП в помещение при тенденции заметного повышения светового потока ИС, а также возможность отказаться от установки на потолке вентиляционных решеток и анемостатов имеет большое значение и достигается путем применения ОП, совмещенных с системами вентиляции и кондиционирования (рис. П.7, *л*). Использование таких ОП экономически целесообразно и приводит к улучшению внешнего вида помещения (см. гл. 5). Можно рекомендовать применение таких систем в целом ряде кондиционируемых помещений с высокими уровнями нормируемой освещеиности: в конференц-залах, общих залах проектно-конструкторских организаций, торговых залах крупных магазинов, выставочных залах, залах вокзалов и аэропортов и т. п.

Элементом ЭО являются световые указатели, указывающие выход из помещения или здания и направление к выходу. Ими должны отмечаться выходы: из помещений, где одновременно могут находиться более 100 человек; на путях эвакуацин из конференц-залов, зрительных, демонстрационных, выставочных и музейных залов; с эстрад конференц-залов и актовых залов, из коридоров на лестничные клетки, ведущие к выходу из здания в гостиницах, административных и им подобных зданиях, в лечебных учреждениях и предприятиях бытового обслуживания, если в помещениях, примыкающих к коридору, могут одновременно находиться более 50 чел; из магазинов с торговыми залами площадью 180 м^2 и более, а при самообслуживании — с торговыми залами общей площадью 110 м^2 и более. Световые указатели устанавливают над дверьми или рядом с ними на стене или потолке, так чтобы их было видно из любой точки помещения или коридора. Если выполнение этого требования затруднено, то в необходимых местах (например, на поворотах коридора) устанавливают дополнительные ОП с надписью или стрелкой, указывающей направление к выходу. Расстоя-

Таблица 13.1. **Номенклатура и основные данные светильников с ЛЛ для общего освещения помещений общественных зданий**

Наименование серии, типа	Количество ламп	Мощность ламп, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры				Светотехнические характеристики				Способ установки по ГОСТ 13828-74	Номер рисунка
			Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	Номер КСС по рис. 5.6	КПД, %			
									общий	в нижнюю полусферу		
УСП	2	20	IВ	3	СТ	2′	П	Г-2	45	45	П	П.7, *а*
	2	40	IВ	3	СТ	2′	П	Г-2	50	50	П	
	2	20, 40	IIIБ	2	СТ	IP20	П	Г-1	50	50	П	
	2	20	IГ	3	СТ	2′	П	Г-2	63	63	П	
	2	40	IГ	3	СТ	2′	П	Г-2	67	67	П	
	4	20, 40	IВ	3	СТ	2′	П	Г-2	50	50	П	
	4	20, 40	IIIБ	2	СТ	IP20	П	Д-2	50	50	П	
	4	20	IГ	3	СТ	2′	П	Г-2	60	60	П	
	4	40	IГ	3	СТ	2′	П	Г-2	68	68	П	
	6	20	IВ	3	СТ	2′	П	Г-2	50	50	П	
	6	40	IВ	3	СТ	2′	П	Г-2	57	57	П	
	6	20, 40	IIIБ	2	СТ	IP20	П	Д-2	50	50	П	
	6	40	IГ	3	СТ	2′	П	Г-2	65	60	П	
010М	2	20, 40, 65	IВ	3, 2	СТ, М	IP20	Н	Д-2	50	44	П	П.7, *б*
	2	20, 40, 65	IIIБ	2	СТ	2′0	Н	Д-1	55	47	П	
	4	20, 40, 66	IВ	3, 2	СТ, М	IP20	П	Д-2	50	50	П	
	4	20, 40, 65	IIIБ	2	СТ	2′0	П	Д-1	50	50	П	
	6	20, 40	IВ	3, 2	СТ, М	IP20	П	Д-2	50	50	П	
	6	20, 40	IIIБ	2	СТ	2′0	П	Д-1	50	50	П	
ЛПО01	2	40, 65	IIIВ	3	СТ	2′0	Н	Д-1	66	52	П	П.7, *д*
	4	40	IIIВ	3	СТ	2′0	Н	Д-1	65	52	П	
	4	66	IIIВ	3	СТ	2′0	Н	Д-1	60	50	П	
ЛПО02	2	20, 40, 65	IIIВ	3	СТ	2′0	П	Д-2, Г-1	52	52	П	—
	4	20, 40, 65	IIIВ	3	СТ	2′0	П	Г-1, Г-2	50	50	П	
	1	20, 40, 65	IIIВ	3	СТ	2′0	Н	Д-1	57	48	П	
ЛПО03	1	20, 40	IБ	2	М	IP20	П	Г-1	65	65	П, Б	—
	1	20, 40	IIIВ	2	СТ	2′0	Н	Д-1	65	48	П, Б	
	1	20, 40	VIIГ	6	Т	IP20	Р	Д-1	80	60	П, Б	
	1	20, 40	Кососвет	2	М	IP20	П	Д-1	65	65	П, Б	
ЛПО09	1	40	IБ	2	М	IP20	П	Д-1	65	65	П	П.7, *е*
	1	40	VIIГ	6	Т	IP20	Р	Д-1	80	60	П	
ЛПО12	1	40, 80	Кососвет	2	М	IP20	П	—	70	70	Б, П	—
ЛПО13	2, 4	40	IВ	2	М	IP20	П	Г-1	55	55	П	—
ЛПО16	1	20, 40	IIIВ	2	СТ	2′0	Н	Д-1	60	45	П, Б	—
ЛПО21	2	20, 40, 65	IIIВ	2	СТ	2′0	Н	Д-2	60	48	П	—
	4	20, 40	IIIВ	2	СТ	2′0	Н	Д-2	60	48	П	
ЛПО22	2, 4, 6	20	IIIВ	2	СТ	2′0	Н	Д-2	55	48	П	—
ЛПО25	2, 4	40	IVВ	7	СТ	IP54	П	Д-1	50	50	П	П.7, *г*

Продолжение табл. 13.1

Наименование серии, типа	Количество ламп	Мощность ламп, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры				Светотехнические характеристики				Способ установки по ГОСТ 13828-74	Номер рисунка
			Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	Номер КСС по рис. 5.6	КПД, %			
									общий	в нижнюю полусферу		
ЛПО26	1 1	20 40	IIIВ IIIВ	2 2	СТ СТ	2′0 2′0	Н Н	Д-1 Д-1	50 55	40 45	П П	П.7, *ж*
ЛПО28	2	20, 40, 66	IIIВ	2	СТ	2′0	Р	Д-2	75	47	П	—
ЛПО30	1 1 1 2 2 2 2	20, 40, 65 20, 40, 65 20, 40, 65 20, 40, 6 20, 40, 65 20, 40, 65 20, 40, 65	VIIГ IIIВ Кососвет VIIГ IIIВ IГ IВ	6 2 2 6 2 3 2	Т СТ М Т СТ СТ М	IP20 2′0 IP20 IP20 2′0 IP20 IP20	Р Н — Р Н П П	Д-1 Д-1 — Д-1 Д-2 Г-1 Г-1	80 65 70 70 65 60 60	60 48 70 40 48 60 60	П П П П П П П	—
ЛПО31	2 2 2 2	40 40 40 40	IIIВ IIIБ IIГ IВ	2 2 4 3	СТ СТ СТ СТ	2′0 2′0 IP20 IP20	Р Р Р Р	Д-1 Д-1 Д-2 Д-2	70 60 70 70	40 35 40 40	П П П П	—
ЛСО02	2 4	40 40	IIГ IIГ	3, 4 3, 4	М, СТ М, СТ	2′0 2′0	Р Р	Г-2 Г-2	70 70	30 30	С С	—
ЛСО04	2 2	40, 65 40, 65	IВ IIГ	3 3	СТ, М СТ, М	IP20 IP20	Р Р	Г-2 Г-2	65 70	25 30	С С	П.7, *з*
ШОД, ЛСО05	2	40, 80	IIГ	4, 3	Ст, М	IP20	Р	Г-1	85	42	С	—
ЛВО01*	2 4	20, 40, 65 20, 40, 65	IIIВ IIIВ	2 2	СТ СТ	2′0 2′0	П П	Д-2 Г-1	55 50	55 50	В В	—
ЛВО02*	2	20	IIIВ	2	СТ	2′0	П	Д-2	55	55	В	—
ЛВО03*	2 2 4 4	40 40, 65 40 40, 65	IВ IIIБ IВ IIIВ	3 2 3 2	СТ СТ СТ СТ	2′0 IP20 2′0 IP20	П П П П	Д-2 Д-2 Г-2 Г-2	50 50 50 50	50 50 50 50	В В В В	П.7, *к*
ЛВО05*	2 2	40 40	IВ IIIБ	3 2	СТ СТ	2′0 IP20	П П	Д-2 Д-2	50 50	50 50	В В	—
ЛПО32	2	40, 65	Кососвет	2	Ст	IP53	—	—	55	55	П	—
ЛВО31*	2 2	65, 80 65, 80	IВ IIIВ	3 2	СТ СТ	2′0 IP20	П П	Г-2 Д-2	50 55	50 55	В В	П.7, *л*
ЛПБ20	2	20, 40	IIIВ	2	Ст	2′0	Н	Д-2	60	60	П	—

* Габариты отверстий, мм, для установки встраиваемых светильников: ЛВО01 с лампами 20 Вт — 300×630, 40 Вт — 300×1260, 65 Вт — 300×1560; ЛВО02 с лампами мощностью 20 Вт — 440×730; ЛВО03 с лампами мощностью 40 Вт—300×1240, 65 Вт—300×1540; ЛВО05 с лампами мощностью 40 Вт — 300×1240; ЛВО31 с лампами мощностью 55, 80 Вт — 300×1597.

Продолжение табл. 13.1

Наименование серии, типа	Количество ламп	Мощность ламп, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Вид материала (покрытие) по табл. 5.11	Степень защиты по табл. 5.8	Светотехнические характеристики: Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	Номер КСС по рис. 5.7	КПД, %: общий	КПД, %: в нижнюю полусферу	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Номер рисунка
ЛПБ10	2 4	20, 40 20	IIIВ IIIВ	2 2	СТ СТ	2'0 2'0	Н Н	Д-2 Д-2	50 50	50 50	П П	—
ФПБ01	1 2, 3	30 30	IВ IIIБ	3 2	СТ СТ	IP20 IP20	П П	Д-2 Д-2	50 50	50 50	П П	—
ПЛ2	2, 4 2, 4	40 40	IIIБ IВ	2 2	СТ М	2'0 IP20	П П	Д-1 Д-2	50 50	50 50	П П	—

Таблица 13.2. **Номенклатура и основные параметры светильников с ЛН для общего и местного освещения помещений общественных зданий**

Наименование серии, типа	Количество ламп	Мощность ламп, Вт	Конструктивно-эксплуатационные параметры: Конструктивно-светотехническая схема по табл. 5.11	Эксплуатационная группа по табл. 5.11	Вид материала (покрытие)	Степень защиты по табл. 5.8	Светотехнические параметры: Класс светораспределения по ГОСТ 13828-74	Номер КСС по рис. 5.7	КПД %: общий	КПД %: в нижнюю полусферу	Способ установки по ГОСТ 13828-74	Номер рисунка
ПЛК	1	150	IA	2	М	IP20	П	Г-1	60	60	П	—
ПП07	1	100	IIIA	2	СТ	2'0	Н	Д-1	76	50	П	—
НПО01	1, 2	60	IIIA	2	Т	2'0	Н	Д-2	64	54	П	П.8, *а*
НПО16	1	60	VIA	6	Т	IP53	Р	Д-1	65	35	П	—
НПО18	2	40	IIIA	2	Т	2'0	Н	Д-1	65	50	П	П.8, *б*
	2	60	IIIA	2	Т	IP20	Н	Г-1	66	50	П	
	1	60	IIIA	2	Т	2'0	Н	Д-1	65	50	П	
	1	100	IIIA	2	Т	2'0	Н	Д-1	65	50	П	
	1	150	IIIA	2	Т	2'0	Н	Л	70	55	П	
НПО20	1	100	IIIA	2	Т	2'0	Р	М	70	40	П	—
НБО06	1	100	IIIA	2	Т	2'0	Р	М	70	40	Б	—
НПО30	1	60, 100	IIIA	2	Т	2'0	Н	Д-1	64	54	П	—
ПКР300М	1	300	IIA	3	М	IP20	О	Д-1	78	30	С	—
СК300	1	300	IIA	3	М	IP20	О	Д-1	80	24	С	—
НСО02	1	150, 100	IIIA	2	Т	IP20	Н	Д-2	75	55	С	П.8, *д*
	1	150	IIIA	2	Т	2'0	Р	М	67	35	С	—
СВП	1	200, 500	IA	3	М	IP20	П	Г-3	75	75	В	П.8, *в*
НВО04	1	200, 300	IA	3	М	IP20	П	Г-3	55	55	В	П.8, *г*
НВО07	1	200, 300	IIIA	2	Т	2'0	П	Г-1	40	40	В	—
	1	300	IA	2	М	IP20	П	Г-1	45	45	В	—
НБО07	1	60	IIIA	2	Т	2'0	Р	М	70	40	Б	—
НБЛ02	2	60+100, 60, 100	IA	2	М	IP20	О	—	70	30	Б	П.8, *е*
ДС-19	1	15	IIIA	1	М	IP20	П	—	—	—	В	П.8, *ж*

Примечание. Для освещения парадных помещений общественных зданий также используются различные бытовые светильники (рис. П.8, *и—л*) и люстры (рис. П.20).

Таблица 13.3. **Нормируемые параметры и рекомендуемые типы светильников для характерных помещений ОЗ**

Помещение[1]	Группа помещений	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная), ее высота над полом, м	Освещенность, лк	Показатель дискомфорта	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемые группы светильников[2] с ЛЛ
Помещения общественных организаций	I	Г-0,8	200	60	15	См. табл. 13.4
Красные уголки	I	Г-0,8	300	40	15	
Помещения дежурного обслуживающего персонала	III	Г-0,8	150	60	20	
Бюро пропусков и др.	I	Г-0,8	200	60	15	
Помещения пожарно-сторожевой охраны	I	Г-0,8	150	60	20	

Продолжение табл. 13.3

Помещение[1]	Группа помещений	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная), ее высота над полом, м	Освещенность, лк	Показатель дискомфорта	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемые группы светильников[2] с ЛЛ
Вестибюли[3] и гардеробные уличной одежды:						
в вузах, школах, театрах, клубах, общежитиях, гостиницах и главных входов в крупные общественные здания	III	Г-0	150	—	—	1—4
в прочих ОЗ	III	Г-0	75	—	—	1—3
Лестницы:						
главные лестничные клетки[3]	IV	Г-0 (площадки, ступени)	100	—	—	1—3
остальные лестничные клетки	IV	Г-0 (площадки, ступени)	50	—	—	1—3
Коридоры, проходы, переходы:						
главные	IV	Г-0	75	—	—	1—4
остальные	IV	Г-0	50	—	—	1—3
Лифтовые холлы[3]	IV	Г-0	75	—	—	1—4
Умывальные, уборные, курительные	IV	Г-0	75	—	—	1—4

[1] Все помещения нормальные, за исключением умывальных и уборных, относящихся к категории влажных.
[2] Группа 1: Л2010М, ЛПО01, ЛПО02, ЛПО21, ЛПО30 (с рассеивателями), УСП; группа 2: ЛПО03, ЛПО30 (одноламповые с рассеивателями); группа 3: ЛПО03, ЛПО30 (одноламповые без рассеивателей); группа 4: ЛВО01, ЛВО03.
[3] Используются также приемы архитектурного освещения.

ние от наблюдателя до светового указателя не должно превышать 20—25 м. При необходимости различения надписи с большого расстояния высота букв надписи h и расстояния l должна удовлетворять соотношению $h \geq 0{,}002\ l$. Световые указатели путей эвакуации могут выполняться с помощью ОП с одной или двумя лампами (ЛН или ЛЛ). На поверхности указателя делается надпись «Выход», наносятся стрелки в направлении выхода или выполняется пиктограмма. В конструкции указателя могут использоваться зеленые светофильтры, устанавливаемые между ИС и рассенвателем или отражателем, цветные рассеиватели, цветные ЛЛ или ЛН с окрашеными колбами. В качестве световых указателей могут использоваться потолочные и настенные ОП с окрашеннымн рассенвателями и с надписями на них. Кроме указателей путей эвакуации в ОЗ используют указатели мест установки пожарных гидрантов, домовые знаки, информационные и рекламные указатели, а также огни светового ограждения высоких зданий. Требования и рекомендации по устройству светового ограждения приведены в § 10.2.

Освещение характерных помещений. Нормируемые параметры для ОЗ рассмотрены в разд. 8. Основные нормативные материалы по проектированию ОЗ, виды и системы освещения приведены в § 13.2—13.13 и гл. 15. В табл. 13.3 даны нормируемые параметры и рекомендуемые типы ОП для некоторых характерных помещений.

Гардеробные верхней одежды. Как правило, такие помещения отделяются от помещений для публики невысоким барьером. Глубина гардеробной не превышает 6 м, вешалки (напольные или подвесные) располагаются рядами перпендикулярно барьеру, ширина проходов между рядами около 1 м. В помещениях гардеробных нормируется уровень освещенности в горизонтальной плоскости на полу, однако ОУ должна обеспечивать достаточную освещенность в вертикальной плоскости на уровне крючков вешалок для различения номерков (1,7—1,8 м от пола). Светильники размещают вдоль проходов между рядами. Если расстояние между вешалками и перекрытием превышает 1 м, потолочные ОП могут размещаться линиями поперек рядов вешалок. При расчете освещения необходимо учитывать сильное экранирующее действие вешалок с одеждой. Проходы вдоль барьера могут освещаться ОП, устанавливаемыми над проходами между вешалками, линии которых продляются до барьера. Барьер и проход за ним могут освещаться локализованно. По архитектурным соображениям потолок над гардеробной иногда

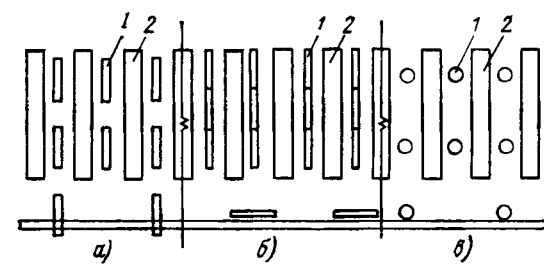


Рис. 13.1. Схемы освещения гардеробных.

а — потолочными люминесцентными светильниками с двумя лампами мощностью 40 Вт (150 лк, 23,7 Вт/м²); *б* — то же с одной лампой мощностью 40 Вт (с рассеивателями и без них, 75 лк, 16,7 Вт/м²); *в* — встраиваемыми светильниками с зеркальными ЛН 100 Вт (75 лк, 29,7 Вт/м²); *1* — светильник; *2* — вешалки.

трактуется как продолжение потолка вестибюля. Если освещение вестибюля выполняется ЛН, то возможно использование ОП с этими же ИС и для гардеробной. На рис. 13.1 приведены схемы освещения гардеробных. Управление их освещением выполняется либо централизованно автоматами группового щитка, либо местными выключателями, установленными в недоступных для публики местах.

Умывальные и уборные размещаются в смежных помещениях. В умывальных выполняется общее равномерное освещение потолочными ОП. Дополнительно к к нему могут предусматриваться светильники-блоки над зеркалом. Если над умывальниками устраивается сплошной ряд зеркал, то установление над ними линия ОП очень часто является достаточной для освещения всего помещения. В уборных ОП общего осве-

щения размещают с учетом экранирования перегородками кабин. Если перегородки доведены до потолка, то ОП устанавливают в каждой кабине и над проходом. Выключатели устанавливают в помещении умывальной у входа в него. Светильники освещения умывальной и уборной должны управляться раздельно. Выключатели для уборных могут размещаться и перед входом в них.

Лестницы. Пол площадок и ступени лестниц обычно освещаются потолочными ОП с ЛЛ, устаиовленными над каждой лестничной площадкой. Для двухмаршевой лестницы без шахты лифта размером 3×6 м уровень освещенности 100 лк достигается установкой в центре площадки светильника 2×40 Вт, а при 50 лк — 1×40 Вт. Над площадкамн лестниц шириной около 6 м размещают по два ОП. Если высота между площадками превышает 3 м, например перед последнim маршем лестиицы, ОП могут устаиавлнваться на стене. Для освещения парадных лестниц могут использоваться приемы архитектурного освещения (люстры, карнизы, светящие панели, ОП, встроенные в перила, рис. П. 17 *г*, и др.). Эвакуацнонное освещение лестиниц устраивается независимо от высоты здания, ОП устанавливаются иад лестничными площадками, удаленными от окон.

Освещение коридоров. Оно обычно выполняется равномерно размещеннim на потолке ОП с ЛЛ. При ширине коридора 1,5—2,4 м н высоте 2,5—3 м освещенность 75 лк обеспечивается при установке одиого светильника 2×40 Вт на каждые 5—6 м длины коридора. При освещеиности 50 лк рекомендуются светильники 1×40 Вт, установленные через 4—5 м. Для увеличения равномерности освещения главных коридоров можно использовать светильникн 1×40 и 2×20 Вт (последнне менее экономичны). Иногда по архитектурным соображениям для освещения коридоров применяют светильники квадратной (или блнзкой к ней) формы — 4×20 Вт. Светильники 1×40 и 2×40 Вт могут размещаться длинной стороной как вдоль, так и поперек коридора. Установка ОП поперек коридора вызывает зрительную иллюзию уменьшения его длнны. Кроме того, в этом случае при значнтельных интервалах между ОП достигается несколько большая равномерность освещения, чем прн продольном размещении ОП с теми же интервалами. На питание от сети ЭО выделяются светильнnки, установленные с шагом 15—18 м.

Электрическая часть ОУ. Крупные ОЗ являются сложными и эиергоемкими инженернымн сооруженнямн. Кроме устройств освещения в ОЗ действуют многие нижeнерные системы, обеспечнвающие нормальное функционирование, жизнеобеспечение, комфорт н пожарную безопасность. Силовым электрооборудованнем и автоматизацией всех этих систем проектировщики ОУ иепосредственио ие занимаются. Что же касается выбора источников и схем питания, включая и решение вопроса учета электроэнергии, то проектировщикн ОУ ОЗ занимаются ими в большей степенн, чем нижeиеры, проектирующие ОУ промышленных предприятий.

Нагрузки. В завнсимости от назначения ОЗ н степени его оснащения инженернымн системами общая удельная установленная мощиость разнообразных токоприемиков здания колеблется в пределах 20—150 Вт/м². Среди них нагрузки электрического освещения в ряде случаев являются преобладающими, иапример для иебольших конторских зданий, промтоварных магазинов, школ н детскнх учрежденнй (без электрифицированных пищеблоков), а в других случаях составляют значительную часть (25—50 % общей мощностн здания).

В завнсимости от назначения ОЗ удельиая установленная мощность освещения в целом по зданию составляет 15—30 Вт/м², а для отдельных помещений достигает 100 Вт/м² и более. Расчетные иагрузки иа вводах в ОЗ в средием составляют 40—60 % установленной мощности, а коэффициенты спроса для нагрузок электрического освещения изменяются в широких пределах 0,25—1,0 (в зависимости от иазиачення ОЗ н мощиости ОУ) [13.2].

По степени обеспечения надежности электроснабжения комплексы электроприемников ОЗ обычно относят в соответствии с разделом I ПУЭ ко второй или третьей категории. К первой категории относят лишь некоторые комплексы электроприемников лечебных учреждений, АТС, главные телеграфы, почтамты и иекоторые другие, а также группы электроприемиików противопожарных устройств ряда ОЗ.

Источники питания. Для питания электроприемников ОЗ используется система напряжения 380/220 В с глухим заземлеиием иейтрали. Источниками питания обычно являются городские одно- и двухтраисформаторные подстаиции. В крупиых городах преобладают двухтрансформаторные подстанции с двухсекционным щитом низшего напряжения. Каждый из трансформаторов такой подстанцяи получает питание от разных секций одного распределительного пункта (РП) среднего напряжения (10 илн 6 кВ) или от разных РП. Трансформаторные подстанцнн (ТП) могут быть отдельно стоящими, встроеннымн в здание нли пристроеннымн к нему. Цеиность городских территорий и градостроительиая архитектура настоятельно диктуют предпочтнтельиость встраиваиия ТП в крупных ОЗ. Это особеино целесообразно, если ОЗ потребляет большую часть мощности ТП. Для покрытия нагрузок крупных ОЗ приходится размещать в здании несколько ТП, а иередко и распределительиый пункт 10(6) кВ.

Городские ТП обычно имеют устройства автоматического включення резерва (АВР) иа стороне низшего или высшего напряжения, а иногда и то и другое одиовременно. Прн встраиваии ТП иногда целесообразно использовать комплектные ТП (КТП) с трансформаторами с воздушным охлаждеиием, что позволяет размещать их в подвальных помещениях и обеспечивает лучшне условия пожаробезопасности. Светотехники прнннмают активное участие в решенни вопросов выбора мощности, числа и размещения ТП. Нередко им прнходится выбирать схему главного распределительного щита и вводно-распределнтельного устройства, общих для всех электрических нагрузок здания.

Питание ОУ и силовых токоприемников производится, как правило, от общих трансформаторов, что позволяет более равномерно распределять нагрузки и увеличивает степень загрузки траисформаторов с учетом несовпадения во времени максимумов силовой и осветнтельной нагрузок (коэффициент несовпадения находится в пределах 0,8—0,95). При зиачительиой мощиости ОУ целесообразно выделять для питания рабочего освещения отдельные трансформаторы. При этом траисформатор, который замещает осветительный при аварии (в схеме двухтрансформаторной КТП), должен загружаться силовой нагрузкой. Подобиое распределение нагрузок позволяет более полно загружать оба трансформатора в иормальиом режиме.

При выборе трансформаторов для питания освещения иеобходимо учитывать н регламеитируемое (см. § 10.3) качество напряжения — частоту резких изменеиий иапряжения у ламп рабочего освещения. Силовые токоприемникн ОЗ обычно работают длительно, число их пусков в течение дня невелнко. Поэтому создаваемые имн колебания напряжения у ламп находятся обычно в пределах, допускаемых стандартом. Исключеннe составляют электродвнгатели лифтов, работающие в повторио-кратковременном режиме. Возможность питания освещеннн от траисформаторов или вводов, к которым присоединеиы лифты, должна определяться

расчетом значения снижения напряжения у ламп при пуске двигателя лифтов по методике, описанной, например, в [13.3].

При необходимости в качестве независимого автономного источника питания АЭО могут быть использованы аккумуляторные батареи напряжением 220 и 36 В и в редких случаях дизель-генераторные установки.

Представляется нецелесообразным относить к той или иной категории по степени обеспечения надежности электроснабжения только один из видов освещения (например, ЭО). Необходимая надежность ОУ обеспечивается совместным действием всех видов освещения. При аварийном отключении рабочего освещения продолжает действовать ЭО или АО. При выходе из строя АО рабочее освещение позволит продолжать нормальную работу. Поэтому правильнее устанавливать такие требования к питанию отдельных видов освещения, которые обеспечивали бы необходимую надежность функционирования ОУ в целом.

Питание рабочего освещения и АЭО рекомендуется выполнять от разных трансформаторов или вводов. При наличии одного ввода эти виды освещения должны питаться независимо, начиная от ввода. Особые требования к питанию АЭО предъявляются в зрелищных сооружениях. Для зданий с количеством мест в зрительном зале 800 и более, а также в детских театрах, дворцах и домах пионеров со зрительными залами любой вместимости для АЭО предусматривается аккумуляторная батарея. В зрелищных сооружениях с количеством мест в зале менее 800 и в кинотеатрах с залами любой вместимости аккумуляторная установка не требуется. Питание АЭО и рабочего освещения в этих случаях должно осуществляться от независимых источников. При отсутствии таковых их роль могут выполнять два трансформатора одной ТП или две однотрансформаторные независимо от схемы питания ТП от сетей 10(6) кВ.

Питание ОП местного стационарного освещения и ручных переносных ОП в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных выполняется так же, как и на промышленных предприятиях (см. § 10.3).

Учет электроэнергии. Для ОЗ требования к установке приборов учета активной энергии, задачи эксплуатационно-балансового разграничения между энергоснабжающей организацией и потребителем часто определяют выбор схемы вводного устройства.

Для расчетов с энергосистемой на вводах в ОЗ устанавливаются счетчики активной энергии. Тарифы на электроэнергию, расходуемую на освещение и силовыми потребителями, составляют [13.4]: для предприятий торговли и общественного питания — 0,02 руб/(кВт·ч) независимо от энергосистемы; для других общественных зданий и сооружений—0,03 руб/(кВт·ч) (для подавляющего большинства районов страны); для освещения прилегающей территории, рекламного освещения — 0,04 руб/(кВт·ч).

Расчетные счетчики активной энергии должны устанавливаться в точках балансового разграничения с энергоснабжающей организацией раздельно для каждого самостоятельного абонента (гостиницы, ресторана, магазина, столовой и т. п.). Вместе с тем при размещении в одном ОЗ предприятий различного назначения (например, гостиницы и ресторана, кинотеатра и кафе и т. д.) выполнение подобного требования подчас приводит к определенным неудобствам и увеличению расхода кабельной продукции. В ряде случаев этого удается избежать, используя при построении схемы питания понятия главного абонента (ГА) и субабонента (СА) [13.5], что также разрешается нормами.

Граница эксплуатационного и балансового раздела между потребителем и энергоснабжающей организацией указывается в технических условиях последней или определяется проектом. Обычно такая граница устанавливается на кабельных наконечниках линий, питающих ВРУ, ГРЩ, или на выводах низшего напряжения силовых трансформаторов ТП, щит низкого напряжения которой обслуживается абоиентом.

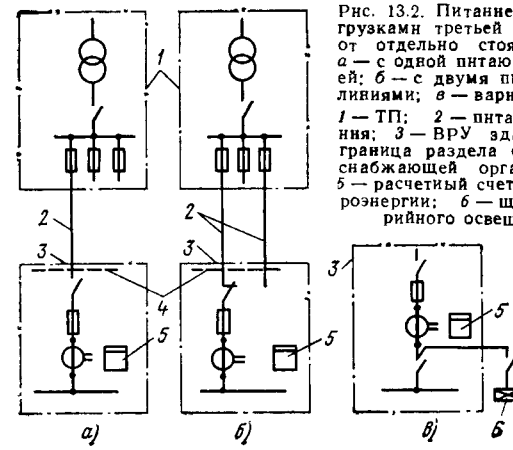


Рис. 13.2. Питание ОЗ с нагрузками третьей категории от отдельно стоящей ТП. *а* — с одной питающей линией; *б* — с двумя питающими линиями; *в* — вариант ВРУ; *1* — ТП; *2* — питающая линия; *3* — ВРУ здания; *4* — граница раздела с электроснабжающей организацией; *5* — расчетный счетчик электроэнергии; *6* — щиток аварийного освещения.

Главный абонент здания (ГА) — организация, в эксплуатации которой находится ГРЩ, — должен определяться проектом (обычно выбирается владелец здания или наиболее энергоемкий абонент). Вся мощность, потребляемая зданием, подается на ГРЩ, от которого производится питание ВРУ субарендаторов. Расчетные счетчики устанавливаются на ГРЩ, на ВРУ субабонентов размещаются контрольные приборы учета. Расчеты с энергоснабжающей организацией производятся ГА.

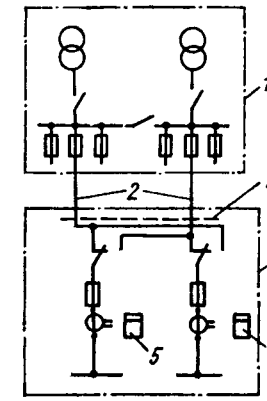


Рис. 13.3. Питание ОЗ с нагрузками второй категории от отдельно стоящей ТП.

1 — ТП (схема показана условно); *2* — питающие линии; *3* — ВРУ здания; *4* — граница раздела с электроснабжающей организацией; *5* — расчетный счетчик электроэнергии.

Границей раздела между ГА и СА являются кабельные наконечники питающих линий на ВРУ субабонента, которые могут устанавливаться в отдельных щитовых помещениях, но могут размещаться и в щитовой ГА. Счетчики для учета осветительной и силовой электроэнергии устанавливаются общими.

Схемы питания. На рис. 13.2—13.7, приведены наиболее характерные схемы питания ОЗ. Схемы рис. 13.2—13.5 относятся к случаям питания от отдельно стоящей ТП, а на рис. 13.6 и 13.7 — от встроенной КТП.

Если нагрузка ОЗ относится к 3-й категории, то в здании устанавливается односекционное ВРУ. Питание такого ВРУ производится от одного трансформатора, как правило, одной питающей линией (рис. 13.2, *а*). Разделение питающих линий рабочего освещения и АЭО производится, начиная с шин ВРУ. Возможен

вариант схемы ВРУ (рис. 13.2, *в*), допускающий выполнение ревизии или ремонта основного распределительного щита без отключения АЭО. В отдельных случаях с целью повышения надежности электроснабжения потребителя резервируется наиболее уязвимый участок сети от ТП до здания (рис. 13.2, *б*). При этом одна из питающих линий является резервной и в нормальном режиме нагрузки не несет. Рабочая и резервная линии могут присоединяться к разным трансформаторам. Эта же схема может использоваться для питания потреби-

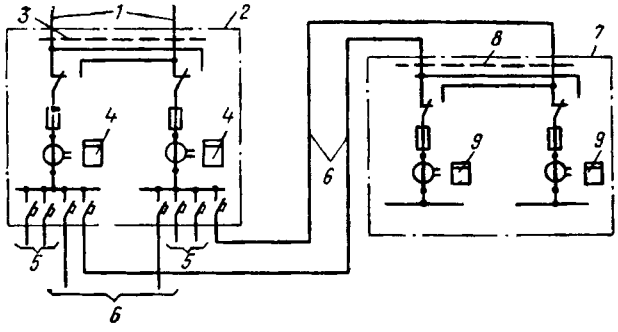


Рис. 13.4. Питание ОЗ с несколькими абонентами (нагрузки второй категории) от отдельно стоящей ТП.

1 — питающие линии от ТП; *2* — ГРШ главного абонента; *3* — граница раздела с электроснабжающей организацией; *4* — расчетный счетчик электроэнергии; *5* — питающие линии ГА; *6* — питающие линии к ВРУ СА; *7* — ВРУ СА; *8* — граница раздела между ГА и СА; *9* — контрольный счетчик электроэнергии.

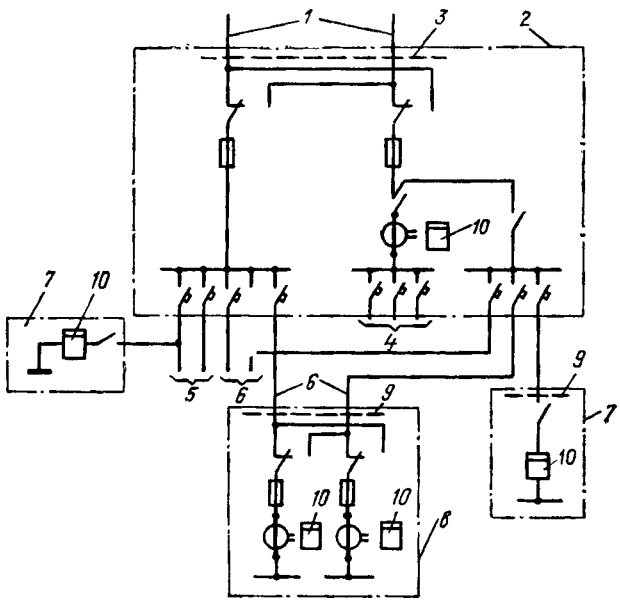


Рис. 13.5. Питание общественного предприятия, встроенного в жилой дом, от ВРУ жилого дома.

1 — питающие линии от ТП; *2* — ВРУ жилого дома (владельца здания); *3* — граница раздела с электроснабжающей организацией; *4* — питающие линии АО, лифтов и других нужд жилого дома; *5* — питающие линии квартир; *6* — питающие линии к общественным предприятиям с нагрузками второй категории (магазине, кафе); *7* — ВРУ предприятий общественного назначения с нагрузкой третьей категории (приемном пункте прачечной, мастерской по ремонту обуви); *8* — ВРУ общественного предприятия; *9* — граница раздела между жилым домом и общественным предприятием; *10* — расчетный счетчик электроэнергии.

телей второй категории. Для потребителей третьей категории схема ие экономична и может быть допущена как исключение.

Наиболее распространенная схема питания ОЗ, нагрузки которого относятся ко второй категории, показана на рис. 13.3. Вводно-распределительное устройство

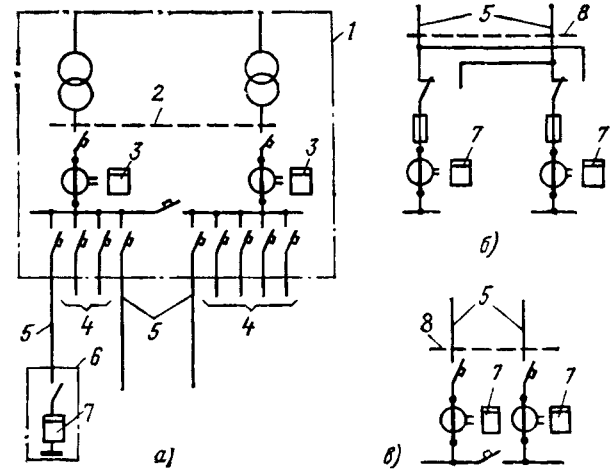


Рис. 13.6. Питание ОЗ от встроенной КТП (потребляется 100 % мощности КТП).

а — общая схема питания; *б*, *в* — схемы ВРУ СА; *1* — КТП; *2* — граница раздела с электроснабжающей организацией; *3* — расчетный счетчик электроэнергии: *4* — питающие линии ГА; *5* — питающие линии к ВРУ СА; *6* — ВРУ СА с нагрузками третьей категории; *7* — контрольный счетчик электроэнергии; *8* — граница раздела между ГА и СА.

потребителя представляет собой двухсекционный распределительный щит с двумя переключателями на вводе.

Питающие линии от ТП до ВРУ выбирают с учетом работы в режиме возможной аварии — выхода из строя одной линии (при выполнении линии кабелями с бумажной пропитанной поливинилхлоридной или полиэтиленовой изоляцией допускается их перегрузка на время аварии соответственно до 130, 115 и 110 %). Однако ток аварийного режима независимо от поло-

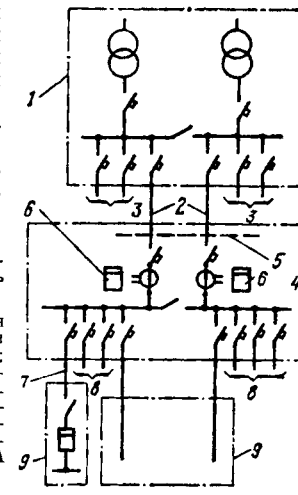


Рис 13.7. Питание ОЗ от встроенной КТП (потребляется часть мощности КТП).

1 — КТП; *2* — питающие линии к ГРШ СА; *3*—питающие линии посторонних потребителей; *4* — ГРЩ ГА; *5* — граница раздела с электроснабжающей организацией; *6* — расчетный счетчик электроэнергии; *7* — питающие линии к ВРУ СА; *8* — питающие линии ГА; *9* — ВРУ СА (см. рис. 13.6, *б*, *в*).

жения вводных переключателей не протекает через аппараты защиты и приборы учета каждой секции ВРУ. Такие ВРУ изготовляются на токи, не превышающие 600 А. Необходимость выбора питающих сетей с учетом нагрузки аварийного режима обычно приводит к равенству сечений питающих линий обоих вводов. На-

илучший режим загрузки питающих линий в рабочем режиме обеспечивается при равномериой иагрузке каждой из них. Поэтому в случаях, когда нагрузка освещения составляет менее 50 % общей иагрузки ОЗ, рекомендуется питать от одной секции ВРУ рабочее освещение и часть силовой нагрузки, характер которой позволяет такое объединение, а от второй секции АЭО и остальную часть силовой нагрузки. Несовмещение максимумов силовой и осветительной иагрузки приведет в этом случае к некоторому сиижению загрузки траисформаторов и питающих линий в рабочем режиме.

На рис. 13.4 изображена схема питания ОЗ, в котором размещены потребители разного назначения, одии из них — ГА. В этом случае границей раздела с энергоснабжающей оргаиизацией являются наконечиики питающих линий иа ВРУ главиого абоиента, щит которого является ГРЩ здания. Субабоненты получают питание от ГРЩ, и на их ВРУ устанавливаются контрольные счетчики. Линии от ГРЩ до ВРУ СА иахо-дятся в эксплуатации ГА. Если по каким-либо причинам энергоснабжающая организация возражает против выполиения указаиной схемы, питаиие каждого абонента выполняется по схеме, приведеииой иа рис. 13.3. Каждое из ВРУ абонентов может питаться от ТП отдельными линиями либо используется включение ВРУ нескольких абонентов в цепочку.

Часто сооружаются жилые дома, в первые этажи которых встраиваются разнообразиые общественные предприятия. В этом случае целесообразио выполнять питание по схеме, указанной на рис. 13.5, тогда лииия эксплуатационного раздела с электросиабжающей оргаиизацией пройдет по вводам во ВРУ (ГРЩ) жилого дома, от которого питаются ВРУ всех общественных потребителей. Однако в отличие от схемы, даиной на рис. 13.4, на ВРУ жилого дома ие устанавливаются расчетиые счетчики, общие для общедомовых потребителей и нагрузок общественных помещений. Расчетные счетчики устанавливаются иа ВРУ каждого потребителя. Такая схема питания имеет преимущества перед схемой независимого питания жилого дома и встроенных в него общественных потребителей, поскольку приводит к экономии кабельных изделий и мест на сборках низшего иапряжеиия ТП. Примеиеиие схемы на рис. 13.5 следует согласовать с местными эиергосиабжающими организациями.

Схема питания ОЗ от встроенных ТП в зиачительной мере зависит от установления границы раздела между энергоснабжающей организацией и абоиентом. В качестве примера рассмотрим наиболее характерные схемы использоваиия встроенной КТП. Если ее мощиость полностью потребляется зданием, границу раздела целесообразно установить на выводах низкого напряжения трансформаторов (см. рис. 13.6, *а*). В этом случае щит 0,4 кВ КТП служит ГРЩ потребителя или ГА (если в здании размещается несколько организаций), а помещеиие ТП является одиовременно и щитовым помещением. С целью экономии линейных автоматических выключателей КТП в помещении подстаиции могут устанавливаться двухсекционные щиты с менее дефицитными автоматами, шины которых глухо присоединяются к шиам щита КТП, как бы являясь их продолжением. Выделение для размещения ГРЩ отдельного помещения при сохранении той же схемы питания возможно, но нецелесообразно. Если ОЗ потребляет только часть мощности КТП, то граница раздела устаиавливается на вводах к потребителям (см. рис. 13.7), тогда щитовая потребителя или ГА размещается в отдельном помещеиии, обычио прилегающем к помещению КТП.

В зависимости от мощности потребителей схемы ГРЩ и ВРУ могут выполняться с переключеииями (до 600 А) (см. рис. 13.6, *б*) или в виде двухсекциоиного щита с вводиыми и секциоиным автоматами (см. рис. 13.6, *в*). В последнем случае при выборе вводных защитных аппаратов и траисформаторов тока иа каждой секции следует учитывать, что в аварийиых режимах по работающей секции протекает ток всей нагрузки потребителя. Кроме того, во избежаиие неправильиых действий персонала при аварийиых переключениях, могущих привести к включеиию трансформаторов иа параллельную работу, на щитках, выполиеиных по схеме рис. 13.6, в следует предусматривать блокировочные

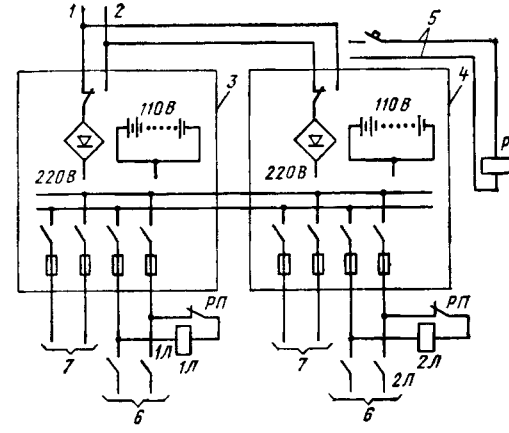


Рис. 13.8. Схема питания АЭО от аккумуляторной батареи.

1Л, 2Л — контакторы постоянного тока; *РП* — реле промежуточное; *1* — линия нормального питания 380/220 В; *2* — линия резервиого питания 380/220 В; *3, 4* — шкафы ШУОТ01-4122; *5* — иапряжеиие сети 220 В (фаза и иуль) — групповая линия сети РО зала; *6* — групповая линия к нормально ие работающим светильникам; *7* — групповая линия к нормально работающим светильникам.

устройства, препятствующие включеиию секциоиного автомата (или рубильника) без отключеиия одного из вводов. От ВРУ по схеме рис. 13.6, *в* можно осуществлять питаиие потребителей первой категории иадежности. Для этого предусматривают устройства АВР, выполняемые с помощью вводиых и секциоиных автоматов, сиабжеиных электроприводом. Если потребитель целиком отиосится к первой категории, то его ввод удобно выполиять по такой схеме независимо от ианагрузки потребителя и расположения ТП. Для питания отдельных иагрузок потребителей, отиосящихся к первой категории, используются устройства АВР, выполияемые с помощью блоков автоматического переключеиия и устаиавливаемые рядом с ВРУ (цеитрализоваиное размещеиие) или непосредственно у потребителя. Рабочее и резервное питаиие иа блоки подается от разных секций ВРУ, которое может быть выполнено по схемам рис. 13.6, *б, в*. Питающие линии к щитам и щиткам с иагрузками первой категории при цеитрализоваиной установке АВР должны прокладываться изолироваиными проводами в стальных трубах или выполияться кабелем.

На рис. 13.8 приведеиа схема питаиия АЭО от аккумуляториой батареи, используемая для крупиых ОЗ с залами большой вместимости, например для зрелищиых зданий с залом иа 800 и более зрителей [13.6]. В схеме использоваиы шкафы ШУОТ01, выпускаемые для питания цепей оперативиого тока иа электростаициях. В шкафах смоитироваиы аккумуляторные батареи 110 В. Соединяя последовательио батареи двух шкафов, получают иапряжеиие 220 В. В иормальном режиме, когда ШУОТ получают питаиие от сети пере-

менного тока, обеспечивается длительное питание АЭО постоянным током от аккумуляторных батарей, работающих в режиме постоянной подзарядки. При исчезновении переменного тока аккумуляторные батареи комплекта, состоящего из двух шкафов ШУОТ, обеспечивают питание АЭО мощностью 4,4 кВт в течение не менее 1 ч. В шкафах предусмотрена возможность переключения с рабочего на резервный источник переменного тока.

Построение питающей сети освещения. Каждая отходящая от ГРЩ или ВРУ линия рабочего освещения питает один или несколько групповых щитков. Почти в любом ОЗ могут быть выделены планировочные зоны различного назначения: помещении вестибюльной группы, зона административных помещений, конференц-зал с прилегающими помещениями, зона столовой, технические помещения подвала и т. д. Целесообразно каждую из зон питать раздельными линиями. Для крупных зон могут устраиваться собственные щитовые помещения со вторичными распределительными щитами, играющими роль ГРЩ рабочего освещения зоны. От них к групповым щиткам прокладываются питающие линии. На вводах в зоны, к надежности питания которых предъявляются повышенные требования (конференц-залы, столовые) могут устанавливаться ВРУ, а если зона обособлена в хозяйственном отношении, то на вводах устанавливаются контрольные счетчики (например, в столовых, размещаемых в зданиях административного назначения и обслуживающих сотрудников учреждения). В отдельных случаях, если это целесообразно, на ВРУ зон могут устанавливаться устройства АВР.

Питающие линии АЭО также могут выполняться раздельными по зонам. При большом числе маломощных питающих линий АЭО их можно присоединять ко вторичным распределительным щитам, устанавливаемым для этой цели в главном щитовом помещении здания.

Число щитков, присоединяемых к каждой питающей линии в ОЗ, не ограничивается (при числе щитков более пяти на вводах в щитки должны устанавливаться аппараты управления). Для планировочных зон, занимающих один-два этажа, их количество обычно не велико (до 3—5 шт.). Для зон, размещаемых во многоэтажной части здания, питание которых, как правило, выполняется вертикально прокладываемыми линиями (стояками), число щитков обычно определяется числом этажей.

При построении питающей сети здания для определения оптимального числа питающих линий и числа групповых щитков, присоединенных к каждой из них, следует выполнять технико-экономические сопоставления вариантов по методике [13.7].

Число групповых щитков в каждой зоне определяется в зависимости от площади зоны и ее нагрузки. Отдельные группы помещений одного назначения внутри зоны по условиям эксплуатации целесообразно питать от собственных групповых щитков. Например, в зоне крупных конференц-залов отдельные щитки могут устанавливаться для зала, группы фойе, вестибюля и т. п. Не следует питать от одних групповых щитков рабочего освещения помещения с различными условиями естественного освещения. Исключением являются случаи, когда нагрузки помещений одного назначения или с однотипными условиями естественного освещения являются преобладающими. Тогда помещения, отличающиеся по назначению или естественному освещению, питаются разными групповыми линиями от общих щитков (например, коридоры на разных этажах, части коридоров, имеющие и не имеющие естественное освещение, и т. п.).

Питание светильников АЭО в помещениях различного назначения, а также с естественным светом и без него от общих щитков, но разными групповыми линиями вполне допустимо.

Для питания стояков рабочего освещения используют схемы, приведенные на рис. 13.9. Выбор схемы для конкретного случая определяется технико-экономическим сопоставлением. Обычно более экономична схема, представленная на рис. 13.9, *а*, однако схемы на рис. 13.9, *б*, *в* обладают большей надежностью. При использовании схемы число щитков верхних этажей, присоединяемых к одной линии, следует выбирать мень-

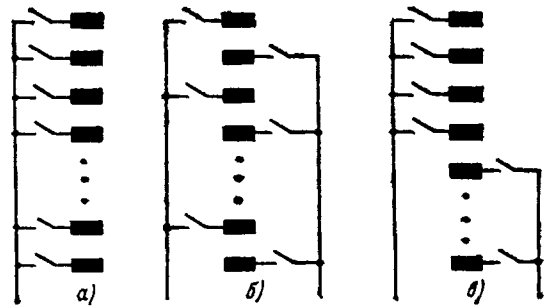


Рис. 13.9. Схемы стояков питающих линий рабочего освещения в ОЗ повышенной этажности.

шим числа щитков, подключаемых ко второй линии (примерно в соотношении 2 : 3).

Питающие сети, как правило, выполняются четырехпроводными.

Групповые линии в ОЗ могут выполняться одно-, двух- и трехфазными. Распространение получили трехфазные четырехпроводные линии, которые используются для питания освещения не только помещений большой площади (вестибюлей, фойе, залов), но и групп однотипных помещений небольшой площади. В каждом таком помещении ОП подключаются к одной фазе сети с чередованием фаз *A*, *B*, *C*, *B*, *C*, *A*. В этом случае при числе помещений не менее девяти сеть может рассчитываться как трехфазная, несмотря на возможность выключения ОП в каждом помещении, поскольку вероятность одновременного выключения ОП во всех помещениях, присоединенных к одной фазе, невелика.

Одно- и двухфазные линии используются для питания небольших помещений (коридоров, лестниц) небольших ОЗ, а также в сетях АЭО. Для питания световых указателей ЭО необходимо выделять отдельные групповые линии на щитках АО. Использование двух- и трехфазных групповых линий обязательно, если иными способами не удается обеспечить необходимое снижение коэффициента пульсации в ОУ с ГРЛ (например, при выполнении освещения одноламповыми ОП с ЛЛ с однотипными ПРА).

В групповых сетях освещения, как правило, используются однополюсные аппараты защиты.

Длина групповых линий ограничивается 40—50 м, т. е. в основном сечением проводников, которое для алюминия рекомендуется выбирать равным 2,5 мм^2.

Управление освещением. В ОЗ широко используется местное управление освещением небольших помещений с помощью выключателей, устанавливаемых как в освещаемом помещении, так и вне его у входных дверей (например, нормально запертые венткамеры и насосные, кладовые уборные и др.). В помещениях, предназначенных для публики, выключатели должны размещаться в местах, недоступных для посторонних (в служебных помещениях, в запираемых нишах). Число выключателей, устанавливаемых для одного помещения, должно обеспечивать возможность независимого уп-

равления освещением зон помещения (например, отключение ОП рядами вдоль окон).

Освещение крупных помещений для публики управляется централизованно автоматами, установленными на групповых щитках. Таким же образом должны управляться АЭО и световые указатели.

В ряде случаев значительные эксплуатационные удобства достигаются при дистанционном управлении освещением лестниц, коридоров, холлов, вестибюлей и фойе, зрительных, спортивных и конференц-залов и др. Пульты управления размещаются у мест постоянных дежурных (вахтеров, администраторов) или в специальных помещениях (диспетчерских, помещениях осветителей, кинопроекционных и др.). Освещение коридоров, лестниц, а также действия различных световых указателей, рекламных установок целесообразно автоматизировать в зависимости от уровня естественной освещенности (с помощью фотоэлектрических устройств) или по заданной программе. Помещения или их части, имеющие естественное освещение и не имеющие его, должны управляться раздельно. При автоматическом управлении должна обязательно предусматриваться возможность перехода на ручное или дистанционное управление. Схемы и устройства автоматического и дистанционного управления освещением рассмотрены в [13.8]. В зрелищных залах, залах многоцелевого назначения и других используется также плавное регулирование яркости ИС.

Указания и рекомендации по управлению освещением отдельных категорий ОЗ приведены в параграфах настоящего раздела.

Прокладка сетей. Питающие сети на горизонтальных участках выполняются одним из следующих способов: скрыто в винипластовых трубах, проложенных в подготовке полов или за подвесными потолками; открыто в винипластовых или стальных трубах; открыто на лотках или в винипластовых и металлических коробах; открыто проложенными кабелями с использованием кабельных конструкций.

Прокладка питающих сетей (линий) в каналах со съемными плитами, выполненных в полах подвала, возможна, но не рекомендуется, поскольку в каналах скапливаются трудно удаляемые влага и грязь. В отдельных случаях при технико-экономической целесообразности возможно использование магистральных шинопроводов. В одном ОЗ возможно использование нескольких из указанных способов проводки. Следует лишь избегать многократных переходов с одной марки кабельной продукции на другую.

Конструктивно наиболее сложны прокладки в больших щитовых помещениях и на выходах к стоякам. Наибольшие эксплуатационные удобства обеспечиваются при прокладках пучков проводов или кабелей в подпольях щитовых помещений (каналах глубиной 0,7—1 м и подполье, занимающих всю площадь щитовой, которые перекрываются съемными металлическими листами). Для больших зданий рекомендуется устройство под щитовыми помещениями и встроенными подстанциями кабельных полуэтажей высотой 1,5—1,7 м.

Скрытая трубная прокладка питающих сетей в бетонной подготовке полов (в слое толщиной 80—150 мм) значительно утяжеляет конструкцию перекрытия и усложняет организацию выполнения строительных работ. Поэтому постепенно переходят от традиционных способов прокладки труб в слое подливки перекрытия к открытым способам прокладки в коробах, лотках и т. п. Однако при устройстве фундамента здания в виде монолитной железобетонной плиты трубная прокладка сетей в теле плиты, несмотря на отмеченные выше организационные неудобства, остается рациональной.

Вертикальная прокладка питающих сетей выполняется в винипластовых трубах, скрыто проложенных в бороздах стен; в вертикальных каналах строительных конструкций; в открыто проложенных по стенам шахт трубах, лотках или кабелями по конструкциям; открыто проложенными по стенам шахт вертикальными шинопроводами.

При открытой прокладке сетей в местах прохода через перекрытия должны выполняться несгораемые уплотнения. Пучки проводов и кабели должны пересекать перекрытия в стальных патрубках с последующим уплотнением. Строительные конструкции вертикальных шахт следует выполнять из несгораемых материалов.

Групповые сети в основных помещениях ОЗ должны быть скрытыми и сменяемыми. Прокладка несменяемых сетей, выполненных плоскими проводами в подготовке полов или в швах между железобетонными плитами перекрытий, может быть допущена как исключение в небольших ОЗ и во временных сооружениях.

Могут быть использованы следующие способы прокладки групповых сетей: в скрыто проложенных винипластовых трубах; в каналах и пустотах строительных конструкций; в открыто проложенных пластмассовых плинтусах и коробах.

Сети за подвесными потолками по условиям пожарной безопасности должны выполняться при подвесных потолках с использованием сгораемых материалов — в стальных трубах, коробах и металлорукавах; для потолков из несгораемых и трудносгораемых материалов — в винипластовых трубах, гибких металлических и винипластовых рукавах, а также защищенными проводами и кабелями.

Следует отметить, что проводки за подвесными потолками, выполненными из несгораемых и трудносгораемых материалов, по условиям пожарной безопасности рассматриваются как скрытые, поэтому применение винипластовых труб для проводок допускается без ограничений, накладываемых на использование таких труб для открытых проводок в ОЗ. В случаях, когда пространство за подвесным потолком используется в качестве воздуховода системы вентиляции, прокладка сети за потолком не рассматривается как прокладка в вентиляционном коробе.

Групповые сети, прокладываемые внутри пустотелых перегородок из несгораемых материалов, например сборных гипсовых плит, могут выполняться так же, как сети за несгораемыми подвесными потолками.

Сменяемость проводок за подвесными потолками и внутри сборных перегородок обеспечивается через отверстия, образуемые после демонтажа встраиваемых ОП (для потолков), или с помощью закладных коробок для ОП и ЭУ.

При трубных проводках не всегда удается обеспечить сменяемость всех участков сети. Значительные затруднения возникают при скрытой прокладке труб в тонких гипсобетонных, шлакобетонных, кирпичных перегородках из-за сложности выполнения в них борозд. В этих случаях спуски к выключателям могут выполняться несменяемыми, для чего в верхней части стены обычно устанавливают распаечную коробку, начиная от которой и до закладной коробки выключателя проводку выполняют проводом АППВС в слое штукатурки.

Наиболее перспективным следует считать проводки, выполненные без применения труб. Для этого необходимо широко использовать каналы и пустоты строительных конструкций (в том числе и сборных перегородок), полости за подвесными потолками, пластмассовые плинтусы. Однако трубные проводки являются основным способом прокладки сетей в ОЗ с перекрытиями из монолитного железобетона.

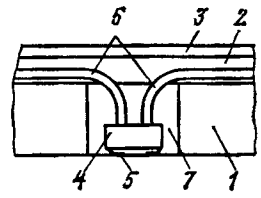
Широкое распространение получают групповые однофазные шинопроводы на ток 16 А, производство которых осваивается на предприятиях Минмонтажспецстроя. С помощью специальных электрических соедини-

телей на шинопроводах будут легко закрепляться светильники акцентирующего освещения.

Стальные трубы для прокладки питающих и групповых сетей освещения ОЗ разрешается применять только в тех случаях, когда нельзя использовать винипластовые трубы [13.9], а именно: во взрыво- и пожароопасных помещениях, больницах, домах-интернатах для престарелых и инвалидов — при скрытых и открытых прокладках; для открытых проводок — в зрительных

Рис. 13.10. Установка закладной коробки для светильника в перекрытии из сборных железобетонных плит.

1 — железобетонная плита перекрытия; *2* — слой бетонной подготовки пола; *3* — покрытие пола; *4* — закладная коробка; *5* — крышка закладной коробки с отверстием диаметром 70 мм; *6* — винипластовые трубы групповой сети; *7* — отверстие, выбиваемое в плите и заливаемое бетоном после монтажа трубной проводки.



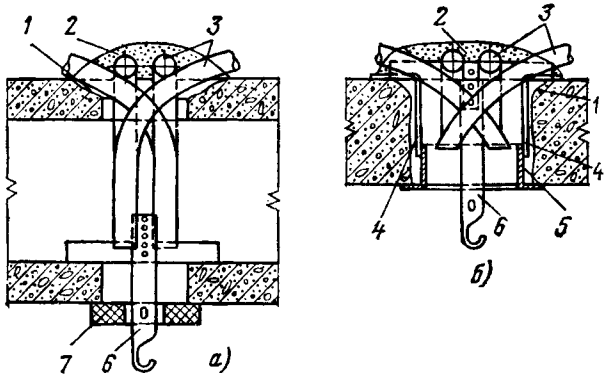


Рис. 13.11. Установка светильников на сборных железобетонных плитах без применения закладных коробок.

а — в многопустотной плите; *б* — в сплошной плите; *1* — кромка отверстия в плите (обрубается по месту); *2* — заделка отверстия (алебастр по кровельному железу); *3* — труба винипластовая; *4* — стальной пруток; *5* — стальной патрубок с фланцем; *6* — крюк; *7* — декоративная розетка.

залах, на сценах и в киобудках зрелищных предприятий и клубов, в детских садах и яслях, пионерских лагерях, больницах, на чердаках, в жилых и ОЗ высотой 10 этажей и более, в вычислительных центрах, за подвесными потолками, выполненными с применением сгораемых материалов.

Основным проводниковым материалом для сетей освещения является алюминий. Медные проводники допускается использовать лишь в отдельных случаях (в некоторых помещениях зрелищных зданий, в хранилищах союзного значения, для отпаек к встраиваемым ОП и др.).

Сортамент основных проводов и кабелей, используемых в сетях освещения, и указания по их выбору приведены в разд. 10. Наибольшее применение в сетях освещения ОЗ получили провода АПВ и кабели АВВГ, АВРГ, АНРГ.

Прокладка групповой сети и крепление светильников [13.10]. При трубной прокладке сети в слое бетонной подготовки пола вышележащего этажа распайку проводов для ответвления к ОП желательно выполнять в специальных закладных ответвительных коробках, крышка которых устанавливается заподлицо с потолком. Трубы сети вводятся в коробку сверху (рис. 13.10). Недостатком такого способа установки коробок является значительная трудоемкость выполнения большого количества дыропробивных работ (диаметр пробиваемого отверстия 120—150 мм). Стремление к снижению трудоемкости монтажных работ привело к использованию для распайки проводов внутренних объемов (ниш), высверливаемых или пробиваемых в плитах перекрытий (рис. 13.11, *а*, *б*). Узел, показанный на рис. 13.11, *а*, может быть использован и при прокладке проводов в пустотном канале плиты перекрытия. Подвесные ОП массой до 10 кг закрепляются на крюке, закрываемом розеткой ОП. При установке в месте подвеса ОП закладной коробки крюк может привариваться к коробке. Потолочные ОП закрепляются винтами с помощью дюбелей или посредством дюбелей-шпилек. Обычно место и способ крепления конструктивно не связываются непосредственно с узлом ввода сети. Лишь в случае установки ОП с ЛН небольших размеров с расстояниями между точками крепления 60—80 мм шпильки могут заранее привариваться к закладной коробке сети.

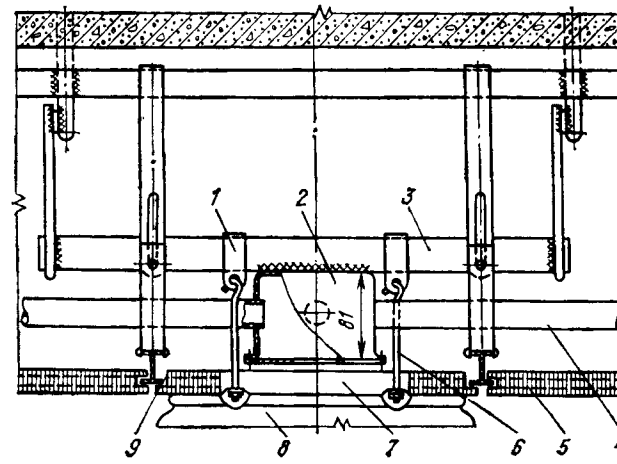


Рис. 13.12. Установка потолочного светильника на подвесном потолке из плиток «акмигран».

1 — передвижная скоба крепления; *2* — ответвительная коробка; *3* — стальная полоса; *4* — труба винипластовая; *5* — плита «акмигран»; *6* — шпилька; *7* — отверстие в плитке; *8* — корпус потолочного светильника; *9* — срез верхнего края плитки.

При перекрытиях, выполняемых из монолитного железобетона, все элементы трубной проводки и закладные устройства для крепления сети выполняются заранее, укладываются на опалубку и заливаются бетоном. При этом использование закладной коробки для ответвления проводов является обязательным. Желательно располагать набором сменных крышек различной глубины к закладным коробкам в зависимости от толщины слоя чистовой отделки потолка (затирка, штукатурка). На рис. 13.12 показан узел установки потолочного ОП на подвесном потолке из плитки «акмигран». Ответвительная коробка, устанавливаемая против отверстия ОП для ввода проводов, должна быть жестко закреплена. Плитка потолка со срезанным верхним краем прижимается к направляющим подвесного потолка корпусом ОП. Универсальное устройство крепления ОП позволяет перемещать закладные элементы в продольном направлении. Для крепления подвесного ОП к подвесному потолку ко дну ответвительной коробки приваривается скоба, в которой закрепляется крюк или шпилька. Встраиваемые ОП устанавливают в отверстия подвесного потолка и опирают на специальную рамку,

связанную с конструкцией потолка, или на направляющие плитки «акмигран». При установке встраиваемого ОП с ЛН, если отверстие в потолке не превышает 120—200 мм, коробка сети должна размещаться у края отверстия, а ее легкосъемная крышка должна быть обращена в сторону отверстия. Для ОП с ЛЛ коробка может устанавливаться и над отверстием, а ее крышка должна быть обращена вниз. Присоединение встраиваемых светильников к ответвительным коробкам выполняется гибким двухжильным кабелем или гибкими проводами в металлорукаве. Последнее обязательно при

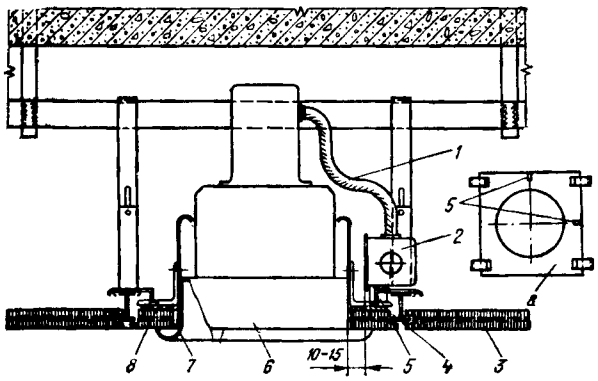


Рис. 13.13. Установка встраиваемого светильника с ЛН в подвесном потолке из плиток «акмигран».

1 — кабель; *2* — ответвительная коробка; *3* — плитка «акмигран»; *4* — срез верхнего края плитки; *5* — полоса для крепления (приварки) коробки; *6* — светильник; *7* — отверстие в плитке; *8* — рамка металлическая.

подвесных потолках, выполненных из сгораемых материалов. Сечение проводов ответвления рекомендуется принимать равным 1 мм². На рис. 13.13 приведен пример установки в подвесном потолке ОП с ЛН.

Эксплуатация осветительных установок. Большинство помещений ОЗ являются помещениями с нормальной средой и имеют небольшую высоту (2,5—4 м). Для них преимущественно используются ИС малой мощности. При относительно высоких уровнях освещенности удельное число ОП достаточно велико (0,1—0,5 шт/м²).

Как правило, ОЗ располагают немногочисленным эксплуатационным персоналом и имеют небольшие ремонтные возможности. Чистка ОП проводится сухим или влажным способом непосредственно на месте их установки. В крупных городах имеются фирмы, заключающие договора на уборку помещений и в том числе чистку ОП. Число чисток обычно не превышает одной в год.

В большинстве случаев используется способ индивидуальной замены перегоревших ламп. Групповой способ следует рекомендовать для крупных ОУ.

При проектировании ОЗ с числом ОП свыше 1000 следует предусматривать мастерские для их мелкого ремонта из расчета площади 10 м² на 1000 светильников, но не менее 20 м², и помещения для складирования необходимого запаса ОП и ИС (см. разд. 10).

Для ОП, доступ к которым с обычных стремянок невозможен, следует предусматривать в проекте приобретение или индивидуальное изготовление устройств для доступа к ОП (телескопических вышек, разборных лестниц и т. п.). При необходимости индивидуального изготовления устройств задание на их разработку светотехники должны передавать генеральной проектной организации. В крупных помещениях ОЗ (зрительные залы и т. п.) желательно предусматривать возможность обслуживания осветительных устройств с чердачного помещения.

Рациональное использование электроэнергии в ОУ общественных зданий. Ниже перечислены основные мероприятия, способствующие рациональному использованию электроэнергии в ОУ.

1. Выбор наиболее экономичных систем и способов освещения.

2. Использование эффективных с точки зрения создания необходимых зрительных условий ИС и ОП, в частности применение ГЛВД, ЛЛ, ОП совмещаемых с системами вентиляции и кондиционирования воздуха.

3. Правильный выбор коэффициентов отражения ограждающих строительных поверхностей и оборудования (мебели). Рекомендуемые коэффициенты отражения потолка 0,8—0,6; стен 0,6—0,4; пола 0,3; мебели 0,4—0,3. Для иллюстрации важности этого условия укажем, что для освещения помещения с коэффициентами отражения потолка, стен и пола 70, 50 и 30 требуется электроэнергии на 25—30 % меньше, чем для помещения с коэффициентами 50, 30 и 10.

4. Выделение на независимое управление групп ОП для помещений и частей помещения, находящихся в разных условиях естественного освещения.

5. Внедрение устройств автоматического управления освещением.

6. Постоянное внимание служб эксплуатации к вопросам экономии электроэнергии, в частности к своевременной чистке ОП и осветительных устройств, светопроемов, к окраске и очистке отражающих поверхностей в помещении.

13.2. АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЕ ОРГАНИЗАЦИИ

К административным зданиям (АЗ) относятся организации и учреждения управления, партийные, профсоюзные и другие общественные организации. Приведенные ниже рекомендации можно использовать при освещении конторских помещений, имеющихся на каждом предприятии и в учреждении. Проектно-конструкторские организации (ПКО) включают проектные и проектно-изыскательские организации строительства, а также конструкторские и проектно-конструкторские организации науки и научного обслуживания. Рекомендации по их освещению могут быть использованы и при проектировании помещений заводских конструкторских бюро.

Строительно-планировочная характеристика основных помещений. Административные здания и проектно-конструкторские организации имеют различную этажность (от 1—2 до 20—30) и в основном каркасно-панельную конструкцию. Наиболее распространенный шаг колонн 6×6 м, высота рабочих помещений, как правило, 3 м [13.11—13.13]. Необходимость обеспечения в рабочих помещениях высоких уровней естественной освещенности и принятая конструктивная сетка колонн диктуют основные планировочные решения: размещение основных помещений вдоль фасадов со светопроемами и небольшая глубина помещений (4,4—6 м). Глубина может увеличиваться до 12—15 м при двухстороннем естественном освещении. Нормами [44] в ряде помещений ОЗ, в том числе и в рабочих помещениях АЗ и ПКО, разрешено устройство совмещенного освещения (см. § 10.2), при котором допускается снижение расчетных значений КЕО до уровня 60 % нормируемых. При совмещенном освещении глубина заложения помещений может быть повышена. В зависимости от назначения АЗ и ПКО площадь рабочих помещений, приходящаяся на одного сотрудника, составляет 4—7 м².

Ширина коридоров 1,2—2,4 м. В АЗ наиболее распространены небольшие рабочие помещения, рассчитанные на 3—10 сотрудников, в ПКО чаще устраиваются рабочие зоны площадью 70—150 м² и более. В зданиях с улучшенной строительной отделкой часто выполняются подвесные акустические потолки различных конструкций. Технические помещения обычно располагаются в подвальном этаже, высота которого обычно 3,6—6 м. При количестве сотрудников до 250 чел. предусматривают буфеты, свыше 250 чел. — столовые и буфеты. Залы ЭВМ и сопутствующие им помещения размещаются не выше пятого этажа. Высота этажа для ЭВМ обычно 3,6 м. В залах ЭВМ устраивают съемные полы и подвесные потолки. Плитки съемных полов, как правило, металлические, заземленные, с гладкими антистатическими покрытиями, поэтому такие залы относятся к помещениям с повышенной опасностью.

В основном перегородки в помещениях АЗ и ПКО — блочные, выполняемы из разных строительных материалов, применяются также кирпичные оштукатуренные перегородки. В АЗ часто возникает потребность в частичной перепланировке помещений. Такие работы существенно упрощаются при использовании специальных трансформируемых перегородок, внутри которых при изготовлении целесообразно размещать закладные элементы трубных электропроводок, облегчающие в дальнейшем установку в перегородках выключателей и розеток. Перспективно использование сборных гипсовых перегородок с металлическим каркасом. Вертикальные стойки, к которым прикрепляются плиты, устанавливаются через 0,4—0,6 м и имеют отверстия размером 40×40 мм через каждые 0,3 м, в которых могут прокладываться сети освещения.

Помещения АЗ и ПКО условно разделяются на три группы: основные, вспомогательные и обслуживающие. К основным относят рабочие комнаты и залы, кабинеты руководителей, к вспомогательным — залы совещаний, конференц-залы, выставочные и демонстрационные залы, помещения для посетителей, комнаты общественных организаций, технические архивы и библиотеки, копировально-множительные службы, машинописные бюро, помещения ЭВМ, экспедиции и др. К обслуживающим относят вестибюли, гардеробы, коридоры, санитарные узлы, лестницы, помещения общественного питания, мастерские, кладовые, помещения обслуживающего персонала и технические (трансформаторные подстанции, электрощитовые, холодильные станции, венткамеры и др.). Непосредственно к зданиям могут прилегать небольшие участки городских территорий, эксплуатируемые персоналом АЗ и ПКО, оборудованные установками НО.

Условия среды для характерных помещений АЗ и ПКО указаны в табл. 13.4.

Характеристика зрительной работы. Основные и некоторые вспомогательные помещения (копировальные и машинописные бюро) относятся к помещениям 1 группы, где напряженная зрительная работа с фиксированной линией зрении выполняется в течение большей части рабочего дня. В рабочих помещениях АЗ основное рабочее место — рабочий стол размером 1,5×0,75 или 1,2×0,6 м, иногда с тумбой-приставкой. Рабочая поверхность горизонтальная, а при использовании счетных машин — наклонная (10—30° к горизонту). Объект различения обычно плоский, фон светлый или средний, контраст большой или средний. Зрительная работа характеризуется необходимостью длительной концентрации внимания на рабочей поверхности. Часть рабочего времени используется для переговоров с посетителями, что определяет целесообразность создания благоприятных условий восприятия лица, общей оценки интерьера, т. е. работ, характерных для помещений II и III групп. Во время напряженной зрительной работы возможен перевод взгляда с рабочей поверхности на поверхность непосредственного окружения (стола) и иногда на периферические поверхности (стены, мебель). Кроме конторских и проектно-конструкторских рабочих помещений аналогичная зрительная работа выполняется в основных помещениях банков, почтовых отделений, сберкасс и др. Наиболее напряженной в АЗ является деятельность машинисток и счетных работников [13.14, 13.15], требующая большой скорости различения текста. В рабочих помещениях ПКО основные работы выполняются за чертежными столами с горизонтальной или слабо наклоненной рабочей поверхностью, а также за чертежными станками (кульманами), чертежиая доска которых устанавливается в положение, близкое к вертикальному. Объект различения — плоский, фон — светлый, контраст — большой или средиий, а при копировальных работах — средний или малый. При работе за рабочим или чертежным столом возможно изменение линии зрения в пределах 0—55° (к вертикали) [13.16]. Наиболее вероятная зона углов —10—33° с выраженным максимумом при угле 23°. При работе за кульманом линия зрения близка к горизонтальной.

Источники света. Для освещения помещений следует, как правило, предусматривать ЛЛ. Лампы накаливания используются в киноаппаратной, перемоточной, радиоузле, в технических помещениях без постоянного пребываиия людей, кладовых, на технических этажах и чердаках, в охлаждаемых камерах пищеблоков и т. п. Разрешается применение ЛН для обеспечеиия архитектурно-художественных требований в кабинетах руководителей, залах заседаний и совещаний, в фойе, выставочных залах, конференц-залах, вестибюлях.

Для освещения прилегающих к зданиям территорий рекомендуется использовать ДРЛ, МГЛ, НЛВД. Лампы МГЛ мощностью 125—400 Вт с высоким индексом цветопередачи иайдут применение во вспомогательных и обслуживающих, а также в основных помещениях. Для освещения фойе, вестибюлей, коиференц-залов и т. п. возможно совместное использование МГЛ и НЛВД.

При использовании ЛЛ следует отдавать предпочтение лампам типа ЛБ. Нормами [44] рекомендуются следующие области применения ЛЛ другой цветности (см. табл. 10.3) для следующих видов работ: работ, связанных с коитролем цвета с очень высокими требоваииями к цветоразличению (подбор красок для цветной печати), — лампы типов ЛХЕ и ЛДЦ; для сопоставления цветов с высокими требованиями к цветоразличению (картографические работы, выставочные залы, залы рассмотрения архитектурных проектов) — лампы типов ЛЕ, ЛДЦ и ЛХЕ; общего восприятия интерьера (фойе, вестибюли) — наряду с лампами типа ЛБ также ламп типов ЛЕ и ЛТБЦ (лампы ЛТБЦ лучше передают цвет лица).

Наиболее распространены в АЗ ЛЛ мощностью 40 Вт, с помощью которых достигаются наилучшие технико-экономические показатели. С ними успешно коикурируют ЛЛ 65 Вт. В рабочих помещеииях ПКО, где уровни нормируемой освещенности весьма высоки, примеиение ЛЛ 40 Вт иногда приводит к установке большого количества ОП. В таких случаях можио использовать ЛЛ мощностью 65 и 80 Вт. Люминесцентные лампы мощностью 20 Вт применяются ограниченно и в основном по архитектурно-художественным соображениям (кабинеты руководителей, коридоры, холлы, вестибюли, фойе и т. п.). Весьма перспективно использование модульных ЛЛ мощностью 42 Вт. Наряду с ЛН общего иазначения находят применение зеркальные лампы концентрированного и среднего светораспределения, а также декоративные. Галогенные лампы накаливания используются для освещения коиференц-залов и выставочиых залов.

Таблица 13.4. **Нормы освещенности и качественные показатели, рекомендуемые для характерных помещений АЗ и ПКО**

Помещения	Группа помещений	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), ее высота над полом, м	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемая группа светильников[1]	Условия среды
Кабинеты[2] и рабочие комнаты, проектные кабинеты	I	Г-0,8	300[3]	—	40	15	1, 2, 5, 6	Нормальные
Проектные залы и комнаты, конструкторские, чертежные бюро	I	Г-0,8	500[3,5]	—	40	10	1, 2, 5, 6	»
Машинописные бюро	I	Г-0,8	400[3]	—	40	10	1, 2, 5, 6	»
Канцелярии	I	Г-0,8	200[3]	—	60	15	1, 2, 5, 6	»
Помещения для посетителей	III	Г-0,8	150	—	60	20	1, 2, 5	»
Помещения светокопирования	I	Г-0,8	200[4]	—	60	20	1, 2, 5	П-IIа
Помещения для электрографирования	I	Г-0,8	200[4,6]	—	60	20	7	Пыльные
Помещения для микрофотографирования	I	Г-0,8	200	—	60	20	1, 2, 5	Нормальные
Фотокомнаты	I	Г-0,8	200	—	60	20	1, 2, 5	Влажные
Помещения офсетной печати: редакционно-оформительское отделение	I	Г-0,8	300[3]	—	40	10	1, 2, 5, 6	Нормальные
отделение подготовки и изготовления печатных форм	I	Г-0,3	200	—	60	20	1, 2, 5	»
печатное отделение	I	Г-0,8	300[4]	—	40	15	1, 2, 5	П-IIа
Переплетно-брошюровочные помещения	I	Г-0,8	200[3]	—	60	20	1, 2, 5	То же
Залы ЭВМ[4], помещения внешних запоминающих устройств, подготовки данных, сервисной аппаратуры, графопостроителей, графоповторителей, ремонта типовых элементов замены и электромеханических устройств[4], электронно-клавишных вычислительных машин приема и выпуска информации	I	Г-0,8	400	—	40	10	1, 2, 5, 6	Нормальные
Архивы магнитных и бумажных носителей на рабочих столах	I	Г-0,8	400	—	40	10	1, 2, 5, 6	П-IIа
на стеллажах	I	В-1,0	200	—	40	10	1, 2, 5, 6	П-IIа
Бюро алгоритмизации, программирования, справочной информации	I	Г-0,8	300[3]	—	40	15	1, 2, 5, 6	Нормальные
Конференц-залы, залы заседаний[2]	II	Г-0	200	75	60	15	2, 3, 5, 6	»
Выставочные залы[2]	II	Г-0,8	200	75	60	—	1, 2, 3, 5, 6	»
Фойе, кулуары[2]	III	Г-0	150	75	90	—	2, 3, 4, 5, 6	»
Градостроительные, архитектурные советы[2]	II	Г-0	200	75	60	15	2, 3, 5, 6	»
Отделы оформления проектов	I	Г-0,8	300[3]	—	40	15	1, 2, 5, 6	»
Макетные мастерские	I	Г-0,8	300[3]	—	40	15	1, 2, 5, 6	П-IIа
Кладовые канцпринадлежностей, бумаги, химикатов для копировально-множительных служб, пункты сбора и упаковки макулатуры	—	Г-0	30[7]	—	—	—	8	П-IIа

[1] Группы светильников: 1 — ЛСО04, ЛСО02, ШОД; 2 — Л2010М, ЛПО01, ЛПО02, ЛПО21, ЛПО30 (с рассеивателями), УСП; 3 — ЛПО03, ЛПО30 (одноламповые с рассеивателями); 4 — ЛПО03, ЛПО30 (одноламповые без рассеивателей); 5 — ЛВО01, ЛВО03, ЛВО05; 6 — ЛВО31; 7 — ПВЛП, ЛПО 25; 8 — НПО18, НПО20.

[2] Возможно использование приемов архитектурного освещения.

[3] Для местного освещения предусматривать розетки 220 В.

[4] Для переносных светильников предусматривать розетки 42 В.

[5] При оборудовании помещений кульманами вводить коэффициент 1,25, учитывающий наклонное положение рабочей поверхности и ее затенение работающим.

[6] Вводить коэффициент запаса 1,8.

[7] Нормируемая освещенность приведена для ЛЛ за исключением кладовых и пунктов сбора и упаковки макулатуры, где рекомендованы ЛН.

[8] В зоне установки чертежных и разметочных столов 500 лк.

Светильники. Для освещения основных помещений могут использоваться подвесные, потолочные и встраиваемые ОП с ЛЛ прямого, преимущественно прямого и рассеянного света с КСС в нижней полусфере типа Д или Г (см. разд. 5). Для рабочих помещений наиболее целесообразно применять ОП с двухлучевой КСС в поперечной плоскости (по типу полуширокой Л) с максимальным значением силы света под углом 35—45° и ограничением светового потока в зонах углов 0—30° (для снижения отраженной блескости) и 60—90° (для снижения прямой блескости). В табл. 13.4 приведены рекомендуемые типы ОП с ЛЛ для освещения основных помещений АЗ и ПКО. При выборе ОП для рабочих помещений рекомендуется использовать такие, часть светового потока которых направлена в верхнюю полусферу. Если позволяет высота помещения (3 м и более), целесообразно использование подвесных ОП. При выборе потолочных ОП следует предпочитать ОП, имеющие небольшую долю светового потока в верхней полусфере (5—15 %) — со светорассеивающими боко-

винами, с выступающими из потолка рассеивателями.

Способы освещения основных помещений АЗ и ПКО. Общепринятой для освещения рабочих помещений является система общего равномерного освещения. Нормы предусматривают возможность применения системы комбинированного освещения, для чего регламентировано устройство в рабочих помещениях сети розеток для ОП местного освещения. Однако, как показывает практика, нормируемая освещенность оказывается вполне достаточной для работы и розетки не используются по прямому назначению.

Серьезные помехи выполнению напряженной зрительной работы оказывает прямая и отраженная блескости ОУ. Отраженная блескость опасна не только при высоких значениях яркости рабочей поверхности, вызывающей ослеплеиность, но и при небольших ее значеннях. В этом случае отраженная блескость не приводит к дискомфорту и иногда непосредственно не ощущается работающим, а вызывает появление вуалирующей пелены, снижающей коитраст между объектом и фоном, вследствие чего уменьшается видимость, снижается производительность труда, повышается зрительное утомление. Подобная опасность реально проявляется в ОУ рабочих помещений при работе с горизонтально расположенными объектами, поверхности которых обладают направленно-рассеянным отражением (не только глянцевая бумага и калька для туши марки А, но карандашная калька марки Д и даже ватман [13.17]).

Важнейшим условием, обеспечивающим зрительный комфорт, является ограничение прямой и отраженной блескости. Ограннчение прямой блескости достигается соблюдением регламентируемых значений показателя дискомфорта. Особенно внимательно следует относиться к проверке соответствия ОУ требованиям норм по ограничению слепящего действия ОП в помещениях с низкими коэффициентами отражения стен (ниже 0,35) и расчетной плоскости (0,1). Даже при освещении ОП с косинусным светораспределеиием в подобных условиях не всегда обеспечиваются нормативные значения показателя дискомфорта. Методы оценки слепящего действия по дискомфорту приведены в разд. 10.

Для ограничения отраженной блескости в ОУ должно обеспечиваться наиболее благоприятное направление светового потока ОП на рабочие места. Это достигается соответствующим взаимным расположением ОП и рабочих мест. Зеркальная составляющая отраженного от рабочей поверхности прямого светового потока ОП не должна совпадать с линией зрения работающих. Светильники следует размещать рядами, сплошными или с разрывами, не превышающими половины расчетной высоты. Если рабочие места установлены рядами так, что линия зрения работающих направлена вдоль длинной стороны помещения, то ряды ОП с КСС типов Л, Д или Г желательно размещать вдоль линии зрения над проходами (рис. 13.14, *а*). Если линия зрения всех работающих направлена в одну сторону, то полного исключения прямой и отраженной блескости можно добиться, размещая ОП одностороннего светораспределения рядами, перпендикулярными линии зрения, так, чтобы световой поток падал на рабочие места из-за головы работающего (рис. 13.14, *б*). При отсутствии специальных ОП для этой цели можно использовать ОП прямого света с решетками с КСС типа Г, устанавливая их в наклонном положении под углом 30—40°. Ряд ОП над последними рабочими местами следует размещать вплотную к стене помещения. Решетка, перекрывающая выходное отверстие ОП, снизит его слепящее действие для тех, кто кратковременно изменяет направление линии зрения (например, проходит между рядами). Может быть рекомендован и другой способ размещения ОП одностороннего светораспределения — вдоль линии зрения, параллельно окиам (рис. 13.14, *в*). В этом случае ОП ориентируют так, чтобы их осевая снла света была направлена под углом 35—40° к вертикали с левой стороны от работающих.

В рабочих помещеннях, как и в помещениях II и III групп, повышению формообразующего действия света (моделирующего эффекта), при котором улучшается восприятие объемных предметов и, в частности, человеческого лица, придается большое зиачение. Для оценки моделирующего эффекта предложены разнообразные критерии, например отношения $E_в$ к $E_г$, $E_п$ к $E_г$ и модуля светового вектора к средней сферической ос-

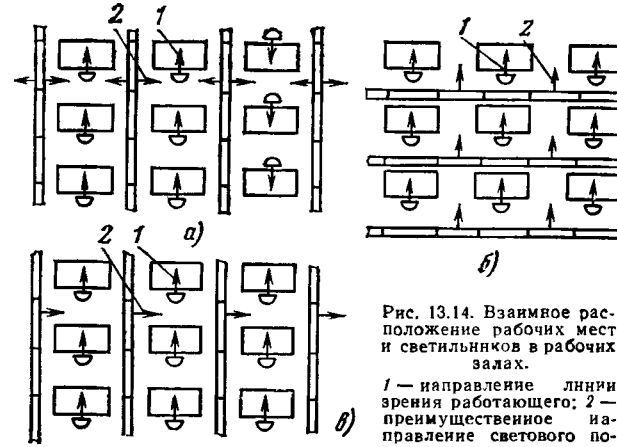


Рис. 13.14. Взаимное расположение рабочих мест и светильников в рабочих залах.

1 — направление линии зрения работающего; *2* — преимущественное направление светового потока светильника.

вещенностн. Достаточный формообразующий эффект обеспечивается, если значения указанных отношений находятся в пределах соответственно 0,5—0,8; 0,31—0,32 и 1,16—1,8 [13.18]. Моделирующий эффект значительно усиливается, если обеспечено преимущественное направление света под углами 15—60° к вертнкали.

Сложным для освещения является случай размещения рабочих мест, когда линин зрения направлены в разные стороны помещення. В этом случае добиться ограничения прямой и отраженной блескости можно, используя отраженное освещение и светящие потолки (рис. П.25, *в*). Однако подобные приемы освещения, выполненные ЛЛ, могут допускаться лишь в редких случаях. Установки отраженного света окажутся экономнчным и получат широкое распространение только с внедрением ламп МГЛ и НЛВД.

Как следует из приведенных рекомеидаций, все они, как правило, касаются ОУ в помещениях с коикретной расстаиовкой рабочих мест. Однако в процессе эксплуатации здания вероятиа возможность перепланировки рабочих мест. При отсутствии данных о расстановке мебели следует учитывать, что ее наиболее возможное и целесообразное размещение выполняется, исходя из ориентации линии зрения вдоль стены с окнами, так чтобы естественный свет падал с левой стороны; можно также использовать рекомендации [13.11]. В качестве основного способа освещения рабочнх залов используется размещение ОП вдоль стен с окнами. Лучшее качество ОУ обеспечивается ОП рассеянного света типов ЛСО02, ЛСО04, ШОД (рис. П.9, *а*). Для освещения небольших рабочих комнат АЗ применяется также система общего равномерного освещения с направлением рядов или длинных сторон ОП вдоль линии зрения.

На рис. 13.15 проиллюстрированы характерные способы размещения ОП в рабочих помещениях.

Отношения расстояния между рядами ОП к высоте их установки над освещаемой поверхностью, обес-

печивающие необходимую равномерность освещения, рекомендуется приинмать следующими: 0,8—1,2 для ОП с экранирующимн решетками, 1,2—1,4 для прочих исполнений ОП.

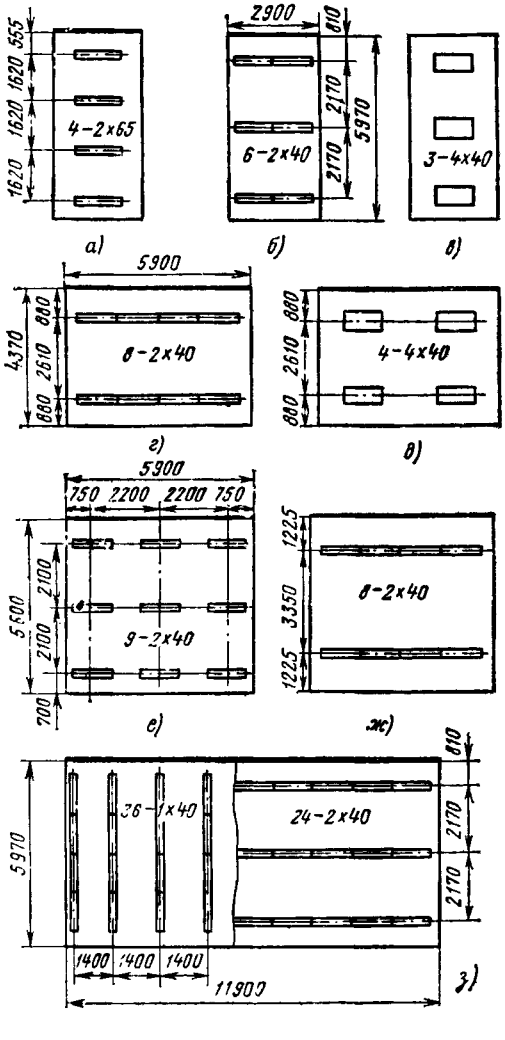


Рис 13.15. Способы освещения рабочих помещений (высота помещенни 2,7—3 м; коэффициенты отражения потолка, стеи и пола 0,7, 0,5 и 0,3—0,7, 0,3 и 0,1; окна размещаются вдоль стеиы, обозначенной жирной линией; светильники — с лампами типа ЛБ.

АЗ — освещеииость 300 лк для *а—ж*, ПКО — освещеииость 500 лк для *з*; *а* — подвесные, потолочные и встраиваемые светильиики (удельиая мощиость 30 Вт/м²); *б* — то же (27,8 Вт/м²); *в* — потолочные или встранваемые (27,8 Вт/м²); *г* — подвесные. потолочные и встраиваемые (24 8 Вт/м²); *д* — то же (24,8 Вт/м²); *е* — то же (21,8 Вт/м²); *ж* — подвесиые (19.4 Вт/м²); *з* — слева — потолочные одностороннего светораспределения (20,3 Вт/м²); справа — подвесные (27 Вт/м²).

Расстояние от крайних рядов до стен не должно превышать 0,25—0,3 расстояния между соседиими рядами.

Для компенсации снижения освещениости у концов рядов ОП (особенно если длина ряда более чем втрое превышает расчетную высоту) могут быть использованы следующие приемы: удвоение числа ОП на коицах рядов на расстоянии ие менее 0,5 h; установка дополнительных ОП у торцевых стен между рядами; если ОП размещены ие сплошными рядами, то по мере приближения к коицу ряда разрывы между ОП постепенно умеиьшаются, а иа коицах рядов ОП устаиавливаются без разрывов.

При расчете уровия освещеиности рабочих залов ПКО, если работа выполияется за кульманами, для компенсации затеиения рабочих мест оборудованием и работающнми рекомендуется вводить коэффициеит 1,25.

Для освещения *кабинетов* могут использоваться системы общего равномерного и локализованного освещения. Локализованное освещение выполияется иад рабочим столом руководителя и столом для совещаний (см. рис. П. 9, *б*), при этом ОП группируются в светящие паиели разиообразиой формы. В кабинетах руководителей можио использовать приемы архитектуриого освещеиия: световые карнизы, светящие потолки и паиелн, люстры, ОП акцентирующего освещения настеиной экспозиции, встраиваемые ОП с ЛН и т. п. Возможны различиые сочетания указаиных устройств.

В залах ЭВМ при наличии подвесных потолков выполняется общее равномериое освещение встраиваемыми ОП. Рекомендуется совмещать системы освещения и кондициоиирования воздуха. Розетки для местного освещеиия рекомеидуются в напольиом исполиеини.

Нормируемые количествеииые и качествеииые показатели освещеиия приведеиы в табл. 13.4.

Освещение помещений, предназначеиных для пребывания большого количества людей, таких как залы совещаний, конференц-залы, фойе, вестибюли, может выполияться теми же ОП, что и рабочие помещеиия нли корндоры. Оно может также решаться средствами архитектуриого освещения (см. § 15.1).

Распределение яркости в поле зрения. Эксперимен тально устаиовлеио, что благоприятные зрнтельные условия обеспечиваются при соотношеиии яркостей поверхиостей, попадающих в поле зреиия, равиом 3:1, вполие допустимой является иеравномерность 10:1. Распределенне яркости в поле зрения считается удовлетворительным, если соотношение яркостей рабочей поверхиости, иепосредственного окружения (поверхиости стола, иа фоне которой рассматривается объект различения) и периферии (стоящей рядом мебели, стеи, а для иевысоких помещений большой площади и участков потолка) составляет 10:3:1.

Если рабочей поверхностью является лист бумаги с $\rho=0{,}8$, то при освещенности 300—500 лк его яркость будет 75—130 кд/м² и, следовательно, яркость стен и потолка должиа быть не менее 7,5—13 кд/м². Однако для создания комфортных условий необходимо также учитывать психологические факторы. Субъективио предпочтительными яркостями стен н потолка, обеспечивающими зрительиый комфорт [13.18], являются уровни яркости стен 30—90 кд/м² (при освещеииости рабочей поверхиости 300—500 лк), меньшему значеиию яркости соответствует $\rho_c=0{,}2\div0{,}3$, а большему $\rho=0{,}5$ и потолка 270—300 кд/м² (при обычных сочетаниях ρ ограждающих поверхиостей помещеиия).

Оптямальной для рабочих помещеиий является окраска потолка в белый цвет (побелка, окраска водоэмульсионной краской) с $\rho=0{,}7\div0{,}8$. Подвесные потолки из мииераловатных и гипсовых плит, плитки «акмигран» также имеют высокий коэффициент отражеиия (0,55—0,65). Рекомендуется светлая окраска стен слабонасыщенного цветового тона («теплого» для помещений, ориеитированных на север и восток, и «холодного» — иа юг и запад) с $\rho=0{,}4\div0{,}5$ и светлые мебель и полы с $\rho=0{,}25\div0{,}4$. Не следует иснользовать полировавиую рабочую мебель, зеркальная поверхность которой отражает световой поток ОП. Если отделка помещения зараиее неизвестна, при расчетах можио

Таблица 13.5. **Расчетные значения яркости стен и потолка рабочих помещений** ($\rho_{пот} = 0,7$, $\rho_{ст} = 0,5$, $\rho_{р} = 0,3$)

Размеры помещения, м	Тип светильника	Освещенность рабочей поверхности, лк	Яркость, кд/м²	
			потолка	стен
6×6	ЛПО02-2×40	300	58	70
6×6		500	87	90
6×12		300	51	65
6×12		500	85	108
6×6	ШОД-2×40	300	137	63
6×6		500	228	97
6×12		300	120	58
6×12		500	189	91

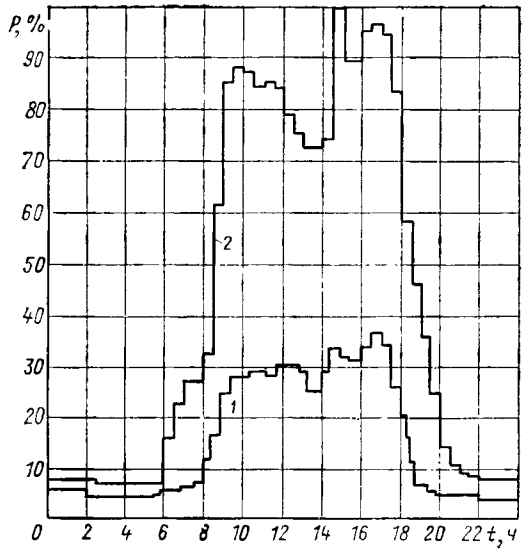


Рис. 13.16. Суточный график нагрузки освещения АЗ.
1 — летний месяц; 2 — зимний месяц.

пользоваться соотношением ρ потолка, стен и пола, равным 0,7, 0,5 и 0,3.

В табл. 13.5 приведены расчетные значения яркостн стен и потолка рабочих помещений АЗ и ПКО.

Из архитектурных аспектов освещения АЗ [13.19] следует указать на предпочтение, отдаваемое архитекторами встраиваемым (рис. П. 9, *в*) и потолочным СП. Подвесные светильники по их мнению вносят излишнее беспокойство в рабочее помещение, дробя его на отдельные световые объемы. Рекомендуется использовать в АЗ ограниченное число типов ОП (один-два) для рабочих помещений и части вспомогательных (залов совещаний, вестибюлей, коридоров), различное сочетание которых позволяет в зависимости от назначения помещений создавать разнообразные приемы освещения и подчеркивать лаконичность и выдержанность стиля учреждения. Световое решение кабинетов руководителей, конференц-залов, залов совещаний допускает ограниченное использование декоративных приемов и средств архитектурного освещения. Приемы архитектурного освещения рекомендуются для вестибюлей и фойе. Необходимо также обращать внимание на создание вечернего вида здания, для чего в основных помещениях, просматриваемых через окна, рекомендуется использовать одинаковые приемы освещения.

Электрическая часть. Нагрузки электрического освещения в действующих АЗ и ПКО изучены недостаточно. В течение длительного времени при определении расчетных нагрузок широко использовались коэффициенты спроса, приведенные в разделе I ПУЭ-66. Значительным шагом вперед являются данные, приведенные в [13.1].

На рис. 13.16 приведен характерный суточный график нагрузки освещения АЗ в Москве, при рассмотрении которого можно отметить, что наибольшие нагрузки наблюдаются в зимнее время; в течение суток нагрузка подвержена резким колебаниям; после ночного перерыва, во время которого нагрузка составляет около 10 % наибольшей, утром происходит ее интенсивный рост, а по окончании рабочего дня — столь же интенсивный спад; в течение дня наблюдаются два максимума — дневной и вечерний, в обеденный перерыв нагрузка снижается, наибольшая в течение дня нагрузка наблюдается за 1—2 ч до окончания работы; характер нагрузки в летнее время более спокойный, почти равномерный.

Измерения нагрузки ряда АЗ и ПКО, проведенные в Москве (56° с. ш.), показали, что годовое число часов использования максимума осветительной нагрузки находится в пределах 1000—1500 ч. Удельный годовой расход электроэнергии на цели освещения на 1 м² общей площади составляет 20—30 кВт·ч/м². Коэффициент спроса для нагрузки освещения зависит от установленной мощности. В табл. 13.6 приведены коэффициенты спроса для расчета сети электрического освещения АЗ и ПКО в любой ее точке.

Розетки, предусматриваемые в рабочих помещениях, используются в основном для питания устройств оргтехники. Нагрузки сети розеток мало изучены. До накопления необходимых данных установленная мощность сети розеток может определяться из условия подключения к каждой розетке токоприемников мощностью 50 Вт, а расчетные нагрузки — с введением коэффициента спроса, равного 1,0 для групповой сети; 0,2 — для питающей сети и 0,1 — для ввода в здание. Коэффициент мощности сети розеток рекомендуется принимать равным 0,9.

По степени надежности электроснабжения АЗ и ПКО относятся ко второй категории.

Характерные схемы питания, принципы построения сети и способы ее выполнения приведены в § 13.1.

Планировочные особенности АЗ — коридорная система и большое количество однотипных рабочих помещений — делают целесообразным следующее построение групповых сетей.

При проводке в винипластовых трубах, укладываемых в подготовке пола вышележащего этажа, групповая сеть освещения рабочих помещений АЗ выполняется одним из следующих способов.

1. От группового щитка линия прокладывается по рабочим помещениям (рис. 13.17, *а*). Распайка проводов для питания каждой комнаты производится в закладной коробке одного из СП. Такой способ позволяет не устанавливать дополнительных коробок и дает значительную экономию труб и проводов. Некоторое неудобство создает транзитная прокладка сети через рабочие комнаты во время ее ремонта, поскольку она вызывает необходимость демонтажа ОП в соседних помещениях.

2. Сеть от групповых щитков прокладывается по коридору (рис. 13.17, *б*). Отпайки проводов к ОП каждого помещения выполняются в специальных коробках, устанавливаемых в потолке коридора и прикрываемых корпусами ОП освещения коридора.

Внутри каждого помещения проводка в обоих случаях выполняется внутри каналов плит перекрытия, в корпусах ОП, конструкция которых предусматривает

Таблица 13.6. Коэффициенты спроса для расчета сети электрического освещения

Коэффициент спроса	Установленная мощность, кВт								
	До 5	От 5 до 10	От 10 до 15	От 15 до 25	От 25 до 50	От 50 до 100	От 100 до 200	От 200 до 500	Более 500
АЗ	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
ПКО	1,00	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,65

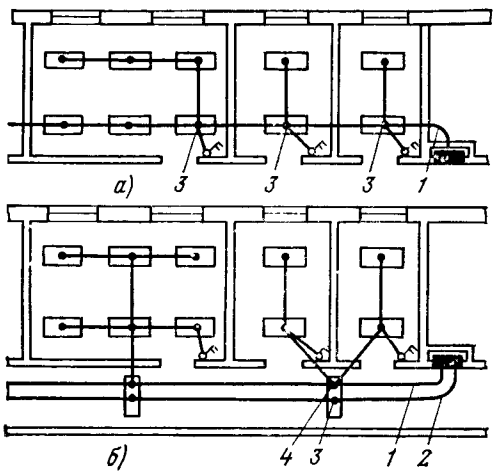


Рис. 13.17. Прокладка групповой сети освещения в рабочих помещениях АЗ.

а — по комнатам; *б* — по коридору; *1* — линия групповой сети освещения рабочих комнат; *2* — линия групповой сети освещения коридора; *3* — закладная коробка светильника; *4* — распаечная коробка сети освещения комнат.

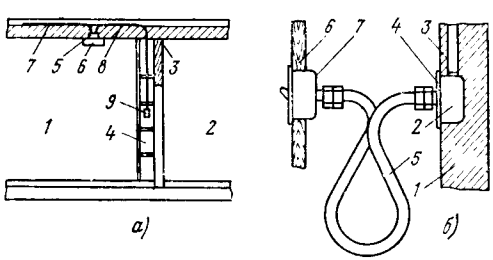


Рис. 13.18. Установка выключателя во встроенном шкафу.

а — при монтаже осветительной установки (*1* — рабочее помещение; *2* — коридор; *3* — перегородка; *4* — шкаф — торцовая стенка, обращенная к двери, не показана; *5* — закладная коробка светильника; *6* — светильник; *7* — винипластовая труба; *8* — стальная тонкостенная труба диаметром 20 мм; *9* — коробка выключателя); *б* — в период эксплуатации (*1* — перегородка; *2* — коробка выключателя; *3* — винипластовая труба; *4* — крышка с патрубком диаметром 26 мм, устанавливаемая вместо демонтированного выключателя; *5* — гибкий ввод; *6* — стенка шкафа; *7* — коробка выключателя).

такую возможность, или в трубах в подготовке пола.

Если в коридорах и рабочих комнатах имеются подвесные потолки, то проводка групповой сети выполняется теми же способами, но трубы прокладываются за подвесным потолком.

В помещениях АЗ и ПКО возможна открытая прокладка групповой сети по коридору в специальных пластмассовых коробках, монтируемых на стенах под потолком. Распайка проводов питания каждой комнаты выполняется в этом случае в специальной коробке, входящей в комплект короба.

Определенные затруднения вызывает установка выключателей, когда вдоль стены или перегородки со входом в помещение устанавливается вплотную к дверной коробке встраиваемая мебель. В этом случае можно рекомендовать на участке от закладной коробки ОП до коробки выключателя выполнять проводку в стальной трубе с условным проходом 15 мм (рис. 13.18, *а*). Металлическая коробка выключателя необходимой глубины врезается в обращенную к входной двери глухую стенку встраиваемой мебели. В тех случаях, когда решение об установке мебели принимается в процессе эксплуатации, вынос выключателей из перегородки на стенку шкафа выполняется способом, приведенным на рис. 13.18, *б*. При этом внутри шкафа выделяется специальный отсек для размещения металлорукава с возможностью легкого доступа к нему.

Групповая сеть розеток прокладывается в винипластовых трубах в подготовке пола. Можно рекомендовать также использование пластмассовых электротехнических или совмещенных с сетями связи плинтусов. Для обеспечения акустической изоляции между рабочими комнатами розетки, устанавливаемые на одной перегородке в разных помещениях, следует смещать по горизонтали или по вертикали.

Управление рабочим и эвакуационным освещением коридоров, холлов, лестниц, входов в здание, прилегающей территории, а также световых указателей (ЭО, заградительных огней, пожарных гидрантов, номерных знаков) рекомендуется автоматизировать с помощью фотовыключателей и реле времени. Независимо от этого всеми перечисленными группами освещения, а также освещением вестибюля и гардероба целесообразно управлять дистанционно из диспетчерского пункта, а при его отсутствии — выключателями, установленными рядом с дежурным. Способ управления (автоматическое или дистанционное) выбирается в зависимости от местных условий службы эксплуатации здания. Помещения темные и имеющие естественное освещение (или части помещений) должны управляться раздельно. При этом коридоры, освещаемые естественным светом через остекленные перегородки, двери и фрамуги рабочих помещений, следует считать светлыми. Если окно есть только в торце коридора, то светлой можно считать прилегающую к окну часть коридора длиной 9—12 м.

Включение ОП рабочих помещений и кабинетов предусматривают с помощью выключателей рядами, параллельными окнам.

13.3. ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ УЧРЕЖДЕНИЯ

Лечебно-профилактические учреждения (ЛПУ) включают амбулаторно-поликлинические, больничные, санитарно-гигиенические и другие учреждения.

Создание высококачественных ОУ в ЛПУ является весьма ответственной задачей, причем эти установки имеют специфические особенности, обусловленные функциональным назначением помещений, длительностью искусственного освещения, психологическим влиянием яркостей различных поверхностей на больных, врачей, сложностью зрительной работы медицинского персонала и т. д. [13.20—13.22].

По характеру зрительной работы основные помещения ЛПУ относятся к I и II группам [44]. К I группе относятся лечебно-диагностические и функциональные помещения, ко II — палатные отделения, помещения дневного пребывания больных, столовые. В табл. 13.7 приведены группы характерных помещений ЛПУ, нор-

Таблица 13.7. Нормы освещенности, значения нормируемых качественных показателей, рекомендуемые ИС и ОП для характерных помещений лечебно-профилактических учреждений

Помещения	Группа помещений по п. 1.2 [44]	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), ее высота над полом, м	Рекомендуемый ИС (тип)	Минимальная освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый тип светильника	Условия среды
Операционная*, помещение гипотермии	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛДЦ, ЛХЕ) ЛН	400 200	25	10 —	ЛПО25 НПО16	Нормальные
Родовая, диализационная, реанимационный зал, наркозная, перевязочная**	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛХЕ) ЛН	500 200	25	10 —	ЛПО25 НПО16	»
Кабинет ангиографии	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛДЦ, ЛХЕ)	500	25	10	ЛПО25	»
Предоперационная	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛДЦ, ЛХЕ) ЛН	300 150	25	10 —	ЛПО25 НПО16	»
Монтажные аппаратов искусственного кровообращения, искусственной почки и т. д.	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ) ЛН	400 200	40	— —	ЛПО02, ЛПО31, ЛПО01 НПО18	»
Помещение для хранения крови	II	В-I Г-0,8	ЛЛ (ЛХЕ) ЛН	150 75	60	— —	ЛПО25 НПО20	»
Помещение для хранения и приготовления гипса	II	Пол	ЛН	30	—	—	НПО20	»
Кабинеты** хирургов, акушеров-гинекологов, травматологов, педиатров, инфекционистов, дерматовенерологов, аллергологов, стоматологов, смотровые, приемо-смотровые боксы	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛХЕ) ЛН	500 200	25	10 —	ЛПО31, ЛПО02, ЛПО25 НПО18	»
Кабины врачей в амбулаторно-поликлинических учреждениях, не приведенные выше	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛХЕ) ЛН	300 150	25	10 —	ЛПО02, ЛПО31, ЛПО01 НПО18	»
Кабинеты врачей без приема больных**	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ) ЛН	300 150	40	10 —	ЛПО02, ЛПО31, ЛПО01 НПО18	»
Темные комнаты офтальмологов**	III	Г-0,8	ЛН	10	-	—	НПО18, НПО20, НБО06	»
Отделения функциональной диагностики**, эндоскопические кабинеты**	I	Г-0,8	ЛН	150	40	—	НПО18	»
Фотарии, помещения электросветолечения, лечебной физкультуры, массажа, механотерапии	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ) ЛН	150 75	40	10 —	ЛПО02 НПО18	»
Кабинеты рентгенобронхоскопии и лапароскопии	I	Г-0,8	ЛН	200	40	—	НПО18	»
Кабинеты гидротерапии, лечебные ванны, душевые залы	II	Пол	ЛЛ (ЛБ) ЛН	150 75	60	— -	ПВЛП НПО20, НБО06	Сырые
Кабинеты трудотерапии**	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	300	40	10	ЛПО02, ЛПО31, ЛПО01	Нормальные
Кабинеты для лечения сном	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ)	100	25	10	ЛПО02, ЛПО31, ЛПО01	»
Помещение для подготовки парафина, озокерита, обработки прокладок, стирки и сушки простыней, холстов, брезентов, регенерации грязи	III	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ) ЛН	75 30	60	— —	ПВЛП НПО20, ППР	Влажные
Рентгенодиагностический кабинет**	III	Г-0,8	ЛН	50	40	—	НПО18	Нормальные
Кабинеты флюорографии, рентгеновских снимков зубов**, приготовления бария	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ) ЛН	200 100	40	20 —	ЛПО01 НПО18	»
Кабинеты для раздевания	III	Пол	ЛЛ (ЛБ) ЛН	75 30	—	— —	ЛПО02, ЛПО01, НПО18	»
Палаты детских отделений для новорожденных, послеоперационные палаты, палаты интенсивной терапии и для глазукомных больных, приемные фильтры и боксы	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛХЕ, ЛДЦ) ЛН	150 75	25	10 —	ЛПО31, ЛПО25, ЛПО02 НПО18	»
Палаты психиатрических отделений	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛТБЦ, ЛЕ) ЛН	100 50	25	10 —	ЛПО02, ЛПО01 НПО18	»
Прочие палаты и спальни матерей	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛХЕ, ЛЕ) ЛН	100 50	25	10 —	ЛПО31, ЛПО02, ДС-19 НПО18, ДС-19, НБЛ02	»
Аппаратные (пункты управления) в рентгеновских, радиологических** и тому подобных отделениях	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ) ЛН	150 75	40	15 —	ЛПО02, ЛПО01, ЛПО03 НПО18	»
Материальные, центральные бельевые	II	В-I на стеллажах	ЛЛ (ЛБ) ЛН	150 75	60	— —	ПВЛП НПО20	Класс П-IIа
Регистратура**	II	В-I	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ) ЛН	150 75	40	10 —	ПВЛП НПО20	То же
Лестничные клетки, тамбур	IV	Пол	ЛЛ (ЛБ) ЛН	100 50	60	— —	ЛПО02, ЛВО01, ЛПО01, ЛПО03 НПО18	Нормальные »
Коридоры в операционном блоке, родовых, в отделениях реанимации и интенсивной терапии, коридоры-ожидальные в амбулаторно-поликлинических учреждениях	IV		ЛЛ (ЛЕ, ЛБ) ЛН	150 75	40	20 —	ЛВО01, ЛПО02 НПО18, НПО20	»

Продолжение табл. 13.7

Помещения	Группа помещений по п. 1.2 [44]	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), ее высота над полом, м	Рекомендуемый ИС (тип)	Минимальная освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый тип светильника	Условия среды
Коридоры в палатных отделениях	IV	Г-0	ЛЛ (ЛЕ, ЛБ)	100	60	20	ЛВО01, ЛПО02, ЛПО01	Нормальные
			ЛН	50		—	НПО18	

* Требуется розетка для технологических нужд.
** Требуется розетка для местного освещения.

Примечания: 1. В помещениях операционных приведены нормы для общего освещения.
2. При проектировании люминесцентного освещения в помещениях операционных, процедурных, перевязочных, послеоперационных, наркозных, реанимационных, препараторских, исследования биопсийного материала, в кабинетах врачей-лаборантов, хирургов, стоматологов, травматологов, педиатров, дерматовенерологов, инфекционистов, терапевтов, гинекологов, в палатах для взрослых, палатах для новорожденных детского отделения, боксах, полубоксах, палатах интенсивной терапии допускается предусматривать только ОП и ИС, виды и типы которых согласованы с Минздравом СССР для применения в этих помещениях.

мируемые освещенности и качественные параметры ОУ в соответствии с [13.20, 44].

Искусственное освещение помещений ЛПУ должно обеспечивать хорошее качество освещения с соблюдением требуемых уровней освещенности; соблюдение санитарно-гигиенических требований, экономичность.

Источники света. Для освещения различных помещений ЛПУ применяются ОУ как с ЛН, так и с ЛЛ.

При выборе числа и мощности ЛН необходимо иметь в виду, что помещения ЛПУ имеют в основном средние и малые площади высотой 3 м. Поэтому из условий ограничения слепящего действия не следует выбирать ЛН мощностью более 200 Вт. Наиболее прогрессивными ИС для ЛПУ являются ЛЛ. К применению рекомендуются следующие типы ЛЛ, обеспечивающие цветоразличение оттенков кожи, крови, слизистых оболочек людей в норме и паталогии: ЛХЕ, ЛЕ, ЛДЦ, ЛБ и ЛТБЦ.

При выборе ИС следует исходить из функционального назначения помещения ЛПУ. В помещениях, где не предъявляются требования к правильной цветопередаче (помещения хранения, ремонта, архива, бельевые, стерилизационные, автоклавные, санкомнаты, вестибюли, холлы, коридоры, административные помещения и т. п.), рекомендуются ЛЛ типа ЛБ. В помещениях, где требования к правильной цветопередаче повышены и работа медперсонала связана с оценкой тонких цветовых изменений кожных покровов и слизистых оболочек больного (реанимационные залы, родовые, кабинеты хирургов, педиатров, инфекционистов, дерматовенерологов, стоматологов и т. п.), рекомендуется использовать ЛЛ типа ЛХЕ. Для освещения функциональных помещений больниц с диагностированием различных заболеваний, помещений восстановительного лечения следует применять ЛЛ типа ЛЕ. При выборе типа ЛЛ, а также при эксплуатации ОУ нельзя допускать установку ламп различных типов в одном помещении ЛПУ.

В табл. 13.7 рекомендуемые ИС для характерных помещений ЛПУ приведены в порядке предпочтительности. Специальная медицинская светотехническая аппаратура укомплектовывается изготовителями соответствующими ИС.

В УФ облучателях используются лампы типов ДРТ и ВРМ-1, а в приборах бактерицидного облучения — лампы БУВ-30 и ДБ-30.

Осветительные приборы. Освещение помещений ЛПУ осуществляется светотехническими изделиями, разделяемыми на четыре группы:

1) осветительные приборы общего назначения (ОП лечебно-диагностических помещений, палатных помещений, местного освещения);

2) медицинские светильники (стационарные светильники освещения операционного поля, медицинские светильники местного освещения, медицинские осветители);

3) светолечебная аппаратура (ультрафиолетовые, тепловые облучатели);

4) бактерицидные облучатели.

Светильники общего освещения помещений ЛПУ преимущественно должны быть со сплошными закрытыми рассеивателями (см. рис. П.17, *г*) из молочного, опалового или матового стекла.

При выборе типа светильника необходимо учитывать его соответствие санитарно-гигиеническим требованиям: обтекаемость формы; гладкая поверхность, отсутствие выступающих поверхностей, способствующих скоплению пыли, наличие уплотнений, исключающих проникновение пыли внутрь светильника и оседание ее на внутренней поверхности рассеивателя. Кроме того, при выборе осветительного прибора следует обращать внимание на удобство обслуживания и эксплуатации.

Типы светильников, рекомендуемые для различных по условиям среды помещений ЛПУ, приведены в табл. 13.7, технические характеристики ОП общего назначения (I группа) даны в § 13.1 и 12.1.

Светильники групп II и III предусматриваются в технологической части проекта, в электротехнической части проекта обеспечивается только возможность их подключения к электрической сети. В проектах освещения ряда помещений, кроме того, предусматривается установка стационарных приборов бактерицидного облучения, выполняемого настенными или потолочными облучателями с лампами БУВ-30. На рис. П.8, *з* приведен облучатель типа ОБП-300.

Виды и системы освещения. В больницах предусматривается рабочее, ночное дежурное, аварийное и эвакуационное освещение.

Система общего равномерного освещения применяется в кабинетах врачей, процедурных, регистратуре и др. Общее локализованное освещение используется в помещениях, где требуются повышенные уровни освещенности отдельных участков, например в палатах, кабинетах и т. д. Комбинированное освещение выполняется в процедурных, смотровых, кабинетах врачей и т. п.

В кабинетах врачей предусматриваются розетки для включения настольных ламп, устанавливаемые на высоте 0,9 м от пола.

Аварийное освещение следует предусматривать в операционных блоках, реанимационных, родовых отделениях, перевязочных, манипуляционных, процедурных, приемных отделениях, пунктах неотложной помощи, ла-

бораториях срочных анализов, на постах дежурных медицинских сестер, в тепловых пунктах, насосных, электрощитовых. Эвакуационное освещение необходимо в палатных отделениях, в коридорах, вестибюлях, на лестничных клетках.

Общее и АЭО осуществляется стационарными ОП с ЛН и ЛЛ.

Световые указатели с надписью «Выход» следует устанавливать у входов на лестничные клетки и у выходов с первого этажа и из подвалов. Световые указатели направления выходов следует предусматривать в коридорах.

Палатные отделения. Основными требованиями к освещению палат являются создание благоприятных условий медицинскому персоналу для осуществления лечебного процесса и обеспечение достаточных удобств для больных.

В палатах предусматривается общее освещение, местное освещение у кровати, ночное дежурное освещение.

Общее освещение должно создавать необходимый для ухода и наблюдения за больными уровень освещенности. Светильники общего освещения размещаются преимущественно вне поля зрения больных. Распределение яркости по потолку должно быть равномерным, без теней и световых пятен, т. е. в палатах должна быть создана спокойная световая среда.

Местное освещение должно обеспечивать необходимый уровень освещенности зоны койки больного для осмотра, выполнения различных процедур и занятий больного.

Ночное дежурное освещение обеспечивает возможность наблюдения за больными ночью и ориентации медперсонала и больных в палатах. Световой поток светильников ночного освещения не должен создавать высоких яркостей на полу и не должен попадать в глаза лежащих больных.

Для подключения переносных светильников у коек больных предусматривается установка розеток на высоте 0,9 м от пола.

Возможны следующие варианты освещения палат.

1. Общее освещение выполняется потолочными светильниками, местное — настольными, устанавливаемыми на тумбочках больных.

2. Высокое качество освещения обеспечивают специальные комбинированные настенные светильники (рис. 13.19, П.11, *б*). Верхний свет, направленный на потолок и отраженный от него, создает общее освещение палаты, нижний освещает поле кровати и проходы в палате. Источниками света могут быть ЛН и ЛЛ. Настенные ОП устанавливаются над изголовьем каждой кровати на высоте 1,6—1,8 м от пола.

Для ночного дежурного освещения палат, кроме палат для психиатрических больных и детских отделений, применяются светильники типа ДС-19, которые располагают около двери в специальных нишах на высоте 0,3 м от пола.

В детских, послеоперационных и психиатрических палатах предусматривается только общее освещение потолочными ОП со сплошными рассеивателями.

Управление общим освещением палат осуществляется выключателями, устанавливаемыми со стороны коридоров у входа в палату. Выключатели местного освещения размещаются у койки больного. В детских и послеоперационных палатах управление общим освещением осуществляется с поста дежурной сестры или из коридора. Управление светильниками ночного дежурного освещения для всех палат производится одним выключателем с поста дежурной медицинской сестры. Выключатели общего и ночного освещения палат психиатрических отделений следует устанавливать в коридорах в специальных нишах с запирающимися дверцами. Питание светильников ночного освещения должно производиться от сети АО напряжением 220 В.

Операционный блок. Помещения операционного блока (операционные, предоперационные, реанимационные залы, наркозные кабинеты и т. д.) относятся к помещениям с повышенными требованиями к качеству освещения. Общее освещение операционных осуществляется ОП брызгозащищенного исполнения со сплошными закрытыми рассеивателями из опалового, молочного или матового стекла. Светильники, как правило, располагают-

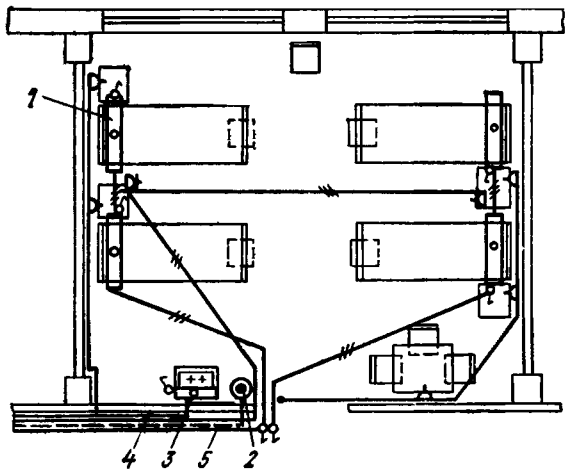


Рис. 13.19. Проект освещения палаты для взрослых на четыре койки (удельная мощность при люминесцентных лампах 9,75 Вт/м², при лампах накаливания 24,5 Вт/м²).

1 — светильник типа ЛБЛ; *2* — светильник ночного освещения типа ДС-19; *3* — светильник типа ЛПО02 или НБО06; *4* — групповая линия от щитка рабочего освещения; *5* — групповая линия от щитка эвакуационного освещения.

ся по периметру операционной или равномерно на потолке (рис. 13.20, П.11 *а*).

Общее освещение помещений операционного блока может выполняться светильниками как с ЛН, так и с ЛЛ. Для освещения операционных рекомендуются потолочные светильники с ЛН полностью закрытые, плотно примыкающие к потолку. Из люминесцентных ОП требованиям операционных удовлетворяет светильник типа ЛПО25. При выполнении работ, требующих большого зрительного и нервного напряжения, над операционным столом дополнительно устанавливается местный светильник. Уровень освещенности операционного поля должен быть в пределах 3000—5000 лк, в отдельных случаях до 10 000 лк. Освещение операционного поля осуществляется специальными бестеневыми многорефлекторными светильниками, причем освещенность может регулироваться в зависимости от характера проводимых операций. Кроме того, в операционных предусматривается возможность подключения при необходимости дополнительных специальных местных передвижных осветительных приборов. Передвижные светильники подключаются к операционным щиткам, устанавливаемым в стенных нишах по обе стороны операционного стола. Стационарные и передвижные медицинские светильники, предназначенные для освещения операционного поля, создают уровни освещенности от 10 000 до 50 000 лк. Указанные светильники являются частью медицинской техники, и их выбор должен осуществляться специалистами медицинского оборудования.

Управление общим освещением операционных помещений, бестеневыми ОП осуществляется выключате-

лями, устанавливаемыми в предоперационных помещениях. Пульты управления бестеневыми ОП устанавливаются в аппаратных.

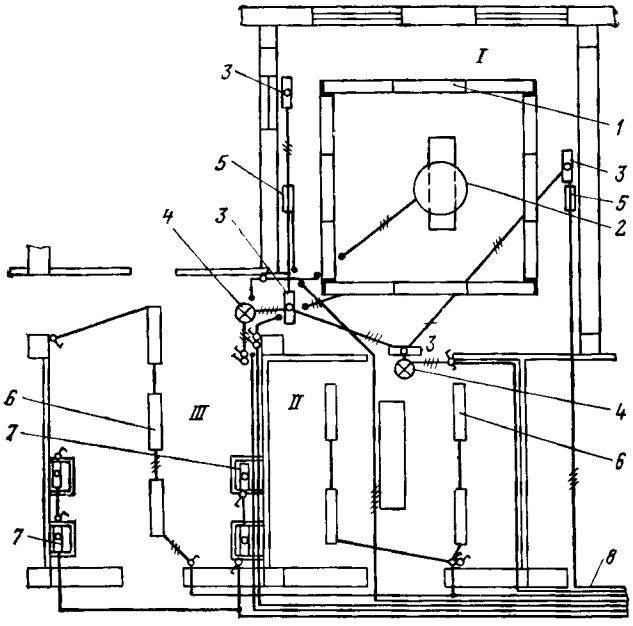


Рис. 13.20. Проект освещения операционного блока.

I — операционная; *II* — наркозная; *III* — предоперационная; *1* — светильник типа ЛПО25; *2* — светильник освещения операционного поля; *3* — облучатель типа ОБН-150, установленный на высоте 2,2 м от пола; *4* — световой указатель с надписью «Не входить, включен бактерицидный облучатель»; *5* — операционный щиток; *6* — светильник типа ЛПО25; *7* — светильник типа ЛПО02, установленный на высоте 1,8 м от пола; *8* — групповые линии.

Питание светильников общего освещения, бестеневых светильников, бактерицидных облучателей осуществляется от групповых распределительных щитов операционных блоков через устройства АВР.

Для обеззараживания воздуха в помещениях операционных блоков, родильных отделений, инфекционных помещениях и т. д. устанавливаются бактерицидные облучатели (см. рис. 13.20). Их выбор и размещение осуществляется технологами медицинского оборудования, а питание предусматривают светотехники. Управление верхней и нижней лампами бактерицидных облучателей осуществляется раздельно. Выключатель, установленный в помещении, где размещен облучатель, управляет верхней лампой, а выключатель перед входом в помещение — нижней, причем он должен быть сблокирован с СУ, установленным над входом в помещение.

Кабинеты врачей-специалистов. Кабинеты хирургов, травматологов, педиатров, дерматовенерологов, акушеров-гинекологов, аллергологов, инфекционистов, стоматологов, предназначенные для клинического осмотра, лечения, обследования, требуют высоких уровней общего освещения и большой точности цветопередачи.

Для общего освещения кабинетов хирургов, травматологов, невропатологов, стоматологов, врачей-лаборантов рекомендуется устанавливать ОП полностью закрытые со сплошными рассеивателями как с ЛН (рис. 13.21), так и с ЛЛ. В кабинетах врачей-специалистов функциональной диагностики допускается устанавливать светильники с ЛН, не имеющие сплошного рассеивателя. Все кабинеты оборудуются розетками для подключения настольных светильников или специальных ИС света (например, в кабинетах врачей бактериологических лабораторий предусматривается дополнительное местное освещение для облегчения распознавания очертаний бактериологических культур). Общее освещение кабинетов рентгенодиагностических, реитгенобронхоскопии, лапароскопии выполняется закрытыми ОП только с ЛН. Для создания благоприятных условий при диагностике, лечении, исследованиях в офтальмологии требуются полное или частичное затемнение помещений, а также правильная цветопередача, поэтому в офтальмо-

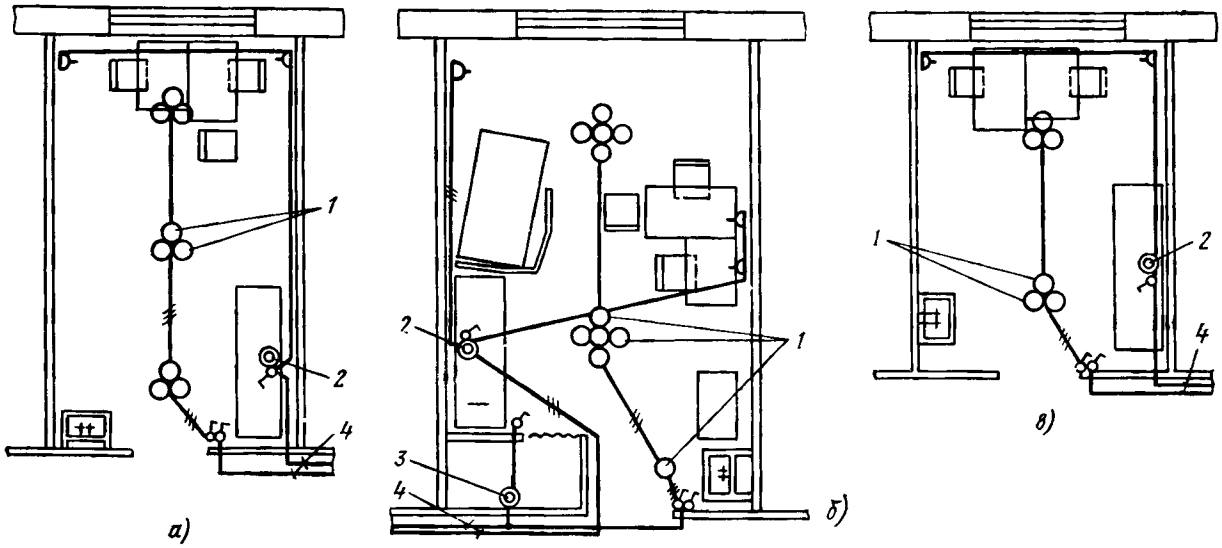


Рис. 13.21. Освещение специализированных кабинетов светильниками с лампами накаливания.

а — кабинет педиатра (93,5 Вт/м²); *б* — кабинет гинеколога (88 Вт/м²); *в* — кабинет терапевта (80 Вт/м²); *1* — светильник типа НПО18; *2* — светильник с ЛН 60 Вт, установленный на высоте 1,7 м от пола; *3* — светильник НБО06, установленный на высоте 2,2 м от пола; *4* — групповые линии.

логических кабинетах выполняется два вида освещения — общее и специальное. Общее реализуется ОП только с ЛН, специальное — медицинской светотехнической аппаратурой, являющейся одним из видов медицинской техники.

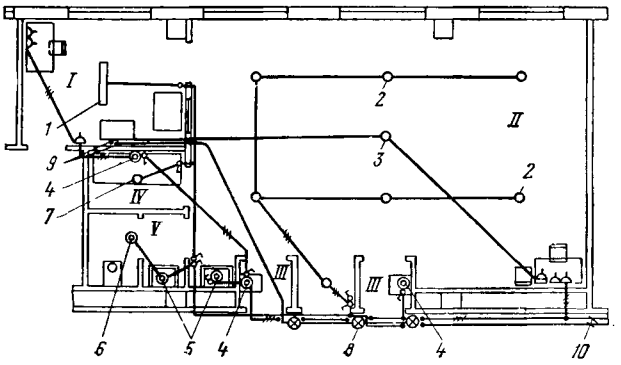


Рис. 13.22. Освещение рентгеновского кабинета (26,3 Вт/м²).

I — комната управления; *II* — процедурная; *III* — кабина; *IV* — кабина с кушеткой; *V* — фотолаборатория; *1* — светильник типа ЛПО02; *2, 3* — светильник типа НПО18; *4* — светильник с ЛН, установленный на высоте 1,8 м от пола; *5* — светильник типа НБО06, установленный на высоте 1,8 м от пола; *6* — светильник типа НБО06, установленный на высоте 2,2 м от пола; *7* — НПО18; *8* — световой указатель, *9* — линии от щита управления; *10* — групповые линии.

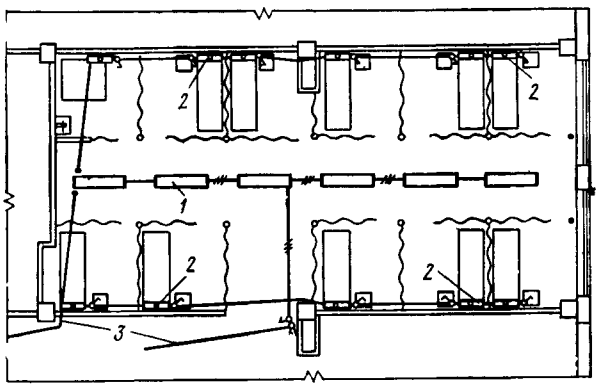


Рис. 13.23. Проект освещения кабинета физиотерапии (5,4 Вт/м²).

1 — светильник типа ЛПО02: *2* — ЛПО02, установленный на высоте 1,8 м от пола; *3* — групповая линия.

Стоматологические кабинеты кроме общего освещения оборудуются специальными настенными стоматологическими светильниками для освещения полости рта, которые также являются частью медицинской техники.

Рентгенодиагностические кабинеты оборудуются кроме общего адаптационным и местным освещением. Адаптационное освещение выполняется установкой в центре кабинета светильника с ЛН мощностью 60 Вт, управляемого врачом (рис. 13.22). Входы в кабинеты снабжаются световыми указателями с надписью «Не входить», устанавливаемыми над входными дверями и управляемыми врачом.

Комнаты управления и раздевалки оборудуются общим люминесцентным освещением. В раздевалках дополнительно устанавливаются настенные ОП с ЛН.

На рис. 13.23 приведен проект освещения кабинета физиотерапии, не требующий пояснений.

Рекомендуемые типы ОП и ИС для общего освещения кабинетов врачей-специалистов приведены в табл. 13.7. В кабинетах, лечебно-диагностических и функциональных помещениях ЛПУ управление общим освещением должно предусматривать включение рядов ОП, расположенных параллельно окнам и световым проемам. Освещение помещений дневного пребывания больных, административных, коридоров, вестибюлей, лестничных клеток и т. д. обеспечивается исключительно потолочными или встраиваемыми ОП с ЛЛ, устанавливаемыми индивидуально или в светящие линии. В ночное время уровень освещенности коридоров следует уменьшать путем отключения части ОП.

Наружное освещение. Территория лечебно-профилактического учреждения должна быть оборудована стационарными установками НО, обеспечивающими уровни освещенности, соответствующие требованиям, приведенным в табл. 13.8.

Таблица 13.8. **Нормы освещенности территорий лечебно-профилактических учреждений**

Освещаемые участки	Средняя горизонтальная освещенность на уровне земли, лк		Отношение максимальной освещенности к средней при вечернем освещении, не более
	при вечернем освещении	при ночном и аварийном освещении	
Въезды на территорию, зона приемного отделения	6	2	5:1
Проезды и проходы к лечебным корпусам, пожарные проезды	4	0,5	5:1
Служебно-хозяйственные проезды	2	0,2	10:1
Прогулочные дорожки и площадки	4	—	5:1
Площадки зоны отдыха	6	0,2	5:1

Неосновные проезды, парки и другая территория больничных комплексов в темное время суток освещается ОП с лампами ДРЛ, устанавливаемыми на опорах высотой 4 м.

В главных проездах ОП монтируются на опорах высотой 6—7 мм. Как правило, ОП располагаются однорядно, с одной стороны дороги. Прямой свет от светильников НО не должен попадать в окна палат и лечебных кабинетов.

Питание ОП предусматривается от щита НО, устанавливаемого в электрощитовой ТП или в здании. Питающие и распределительные сети выполняются, как правило, кабельными линиями. Управление НО осуществляется дистанционно из вестибюля главного корпуса, проходных, с диспетчерского пульта или автоматически. Независимо от наличия дистанционного управления должно предусматриваться отключение НО непосредственно с территории ЛПУ. В ночное время следует предусматривать возможность отключения не более половины ОП, при этом не допускается отключение двух рядом расположенных СП.

Электрические сети. Электроприемники помещений операционного блока, родильного отделения, отделений анестезиологии, реанимации и интенсивной терапии, кабинеты лапароскопии, бронхоскопии, ангиографии являются потребителями первой категории надежности электроснабжения. Устройства АВР в ЛПУ устанавливаются либо централизованно в ГРЩ на вводах в здания, либо децентрализованно вблизи электроприемников

Таблица 13.9. **Удельные расчетные осветительные нагрузки на вводах в зданиях, ЛПУ и рекомендуемые коэффициенты спроса**

Объекты	Удельная расчетная нагрузка, кВт/посещение, кВт/койко-место	Коэффициент спроса	
		вводов	питающих линий
Поликлиники	0,05—0,1	0,6	0,7
Больницы	0,4—0,6	0,7	0,7
Типовые терапевтические корпуса	0,2—0,4	0,5	0,6
Специализированные хирургические корпуса	0,2—0,4	0,4	0,6
Детские корпуса	0,2—0,3	0,4	0,6

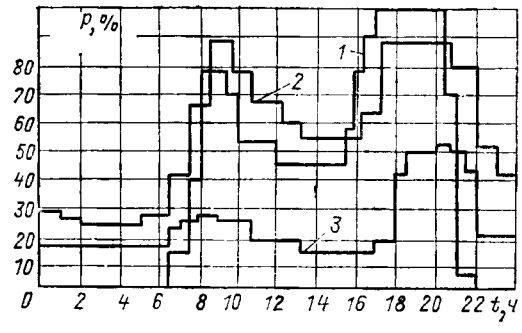


Рис. 13.24. Зимний суточный график нагрузки освещения.

1 — поликлиника; *2* — терапевтический корпус; *3* — хирургический корпус.

первой категории (например, в операционном блоке или в родильном отделении). Распределение электроэнергии к групповым щиткам следует осуществлять по магистральной схеме. Магистральные сети выполняются кабелем или проводом в стальных тонкостенных трубах. Групповые щитки электроосвещения целесообразно размещать совместно со стояками в нишах стен в запирающихся шкафах. Питание розеток следует выделять в отдельные групповые линии. Прокладку групповой осветительной сети в ЛПУ следует выполнять, как правило, скрытой, сменяемой, в каналах и пустотах строительных конструкций, а также в трубах. В стационарах (палатных) корпусах применение винипластовых труб запрещается.

Для ориентировочных расчетов электрических нагрузок светотехнического оборудования ЛПУ рекомендуются значения укрупненных удельных расчетных электрических нагрузок, приведенные в табл. 13.9.

Осветительная нагрузка имеет два максимума: утром с 8 до 10 ч и вечером с 17 до 21 ч. Коэффициент заполнения зимнего графика нагрузки 0,5—0,6. В качестве примера на рис. 13.24 приведен зимний суточный график нагрузки освещения ЛПУ. Годовое число часов использования расчетного максимума осветительной нагрузки составляет 3200 ч.

Расчетные коэффициенты спроса в осветительных сетях лечебных корпусов (по зимним измерениям) находятся в пределах от 0,42 до 0,60.

13.4. ШКОЛЫ

Искусственное освещение школьных зданий имеет важнейшее значение в правильной постановке и проведении учебного процесса и создании комфортных условий для выполнения сложных зрительных задач учащимися и преподавателями, в сохранении зрения детей. Вместе с чисто функциональными задачами искусственное освещение должно способствовать повышению архитектурно-художественной выразительности интерьера.

Школьные здания сооружаются, как правило, по типовым проектам и являются объектами массового строительства, поэтому экономичность и эффективность их строительства имеет первостепенное значение. Могут быть отмечены некоторые общие тенденции в проектировании и осуществлении ОУ современных школьных зданий:

постепенное увеличение уровня освещенности, особенно в таких помещениях, как классы, кабинеты, лаборатории, некоторые виды мастерских;

повсеместное внедрение люминесцентного освещения;

широкое применение общего освещения большинства учебных помещений;

серьезное внимание к качественным характеристикам освещения (цилиндрическая освещенность, показатель дискомфорта, коэффициент пульсации), которые нормируются для ряда школьных помещений.

При проектировании должны быть обеспечены нормируемые значения наименьшей освещенности и показатели качества освещения: бесперебойность действия освещения, удобство обслуживания ОУ и управления ею [13.23—13.26].

Системы освещения. В помещениях школьных зданий, как правило, следует применять систему общего освещения. К таким помещениям относятся классы, учебные кабинеты, аудитории, пионерские комнаты, рекреации, актовые и спортивные залы, плавательные бассейны, обеденные залы пищеблоков, буфеты, вестибюли, гардеробные.

Комбинированную систему освещения необходимо использовать в лабораториях, кабинетах, комнатах директора и преподавателей, в мастерских по обработке металла и древесины, в кабинетах домоводства, в читальных залах и тому подобных помещениях.

В помещениях с крупным оборудованием, например в книгохранилищах, кабинетах черчения или в таких помещениях, где рабочие места или станки расположены группами, сосредоточенными на отдельных участках, например в швейных мастерских, следует предусматривать локализованное освещение, позволяющее значительно повысить освещенность на рабочей поверхности.

В таких помещениях, как актовые залы, вестибюли, холлы, способы освещения выбираются светотехниками совместно с архитекторами.

Виды освещения. Как и в других общественных зданиях, в школах предусматривается рабочее и АЭО.

В таких помещениях, как диспетчерские, здравпункты, электрощитовые, тепловые пункты, бойлерные, пожарные посты и посты охраны, насосные, киноаппаратные, следует устраивать АО. В классах, кабинетах устройство АЭО не требуется.

Эвакуационное освещение необходимо выполнять по основным проходам в рекреациях, на лестничных клетках, в мастерских, гардеробных, актовых залах, плавательных бассейнах (не менее 5 лк на поверхности воды), обеденных и спортивных залах, вестибюлях и т. п.

В актовых и обеденных залах и других помещениях, где могут одновременно пребывать более 100 учащихся, должны устанавливаться СУ на выходах, присоединенные к сети АЭО.

Для дежурного или уборочного освещения коридоров, залов, вестибюлей выделяется часть ОП рабочего освещения, присоединяемых к отдельной групповой линии. Для этой цели можно также использовать ЭО.

Таблица 13.10. Нормы освещенности, значения нормируемых качественных показателей, рекомендуемые ИС и ОП для характерных помещений школ

Помещения	Группа помещений по п. 1.2 [44]	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), высота над полом, м	Источник света (тип)[1]	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемые типы светильников	Условия среды	Наличие розеток и их назначение[2]
Классные комнаты, учебные кабинеты, лаборатории, лаборантские:	I	—	ЛЛ (ЛБ)	—	—	40	15	ЛСО02, ЛСО04, ЛПО01, ЛПО02 — для общего освещения; ЛПО12 — для освещения доски	Нормальные	Для диапроекторов
на доске		В, на доске Г-0,8		500						
на рабочих столах и полках				300						
Кабинеты технического черчения и рисования:	I	—	ЛЛ (ЛБ, ЛЕ, ЛХЕ)	—	—	40	10	ЛСО02, ЛСО04 — для общего освещения; ЛПО12 — для освещения доски	»	Для дополнительного освещения объектов наблюдения с натуры
на доске		В, на доске Г-0,8		300						
на рабочих столах				500						
Мастерские по обработке металла	IIIб	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ), допускаются ЛН	300[3] / 200	—	40	15	Л2010М	»	Для местного освещения верстаков и станков
Мастерские по обработке древесины	IIIб	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ), допускаются ЛН	300[3] / 200	—	40	15	ПВЛМ	Класса П-IIа	Для местного освещения верстаков и станков
Инструментальная комната мастера, инструктора	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	200	—	60	15	ЛСО02, ЛСО04, Л2010М	Нормальные	Для дополнительного освещения
Кабинеты домоводства:										
по обработке тканей (шитье)	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛЕ, ЛХЕ)	400	—	40	15	ЛСО02, ЛСО04, ЛПО01, Л2010М	»	Для дополнительного местного освещения швейных машин
кулинарии	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	300	—	40	15	ЛСО02, ЛСО04, ЛПО01, Л2010М	»	
Спортивные залы	II	Г-0	ЛЛ (ЛБ, ЛХЕ), допускаются ЛН	200[3] / 150	—	25	15	УСП, ЛПО25 (с защитной сеткой)	»	
		В-2, с обеих сторон по продольной оси помещения		75	—	—	—	Специальные светильники. При ЛН — отраженный свет		
Крытые бассейны	II	Г-вода	ЛЛ (ЛБ, ЛХЕ) допускаются ЛН	150[3] / 100	—	60	15	ПВЛМ, ПВЛП (располагаются по длинной стороне бассейна с наклоном 40—50°; при ЛН — отраженный свет	Сырые	
Актовые залы, киноаудитории:										
зал	III	Г-0	ЛЛ (ЛБ), по требованию архитекторов допускаются ЛН	200	75	90	—	Л2010М, УСП	Нормальные	Для освещения эстрады и кафедры
эстрада (постановочное освещение)	—	В-1,5	ЛН	300	—	—	—	Софиты над эстрадой	»	
киноаппаратная с перемоточной, радиоузел с дикторской	I	Г-0,8	ЛН	75	—	—	—	НПП03	Класса П-IIа	

[1] Указанные источники света являются предпочтительными для данного помещения.
[2] Напряжение сети для подключения розеток в мастерских по обработке металла и древесины 36—42 В, в остальных случаях 220 В.
[3] В числителе — освещенность для люминесцентных ламп, в знаменателе — для ламп накаливания.

Во всех случаях ОП АЭО следует по возможности удалять от оконных проемов.

Нормируемые уровни освещенности и величины, характеризующие качество освещения. Требуемые значения наименьшей горизонтальной, вертикальной и цилиндрической освещенности, показателя дискомфорта и коэффициента пульсации освещенности для некоторых основных помещений школьных зданий приведены в табл. 13.10. Там же даны рекомендации по устройству местного освещения и характеристики помещений по условиям окружающей среды, что имеет важное значение при проектировании электротехнических устройств. Кроме того, в таблице приведены рекомендуемые источники света и типы светильников для характерных помещений. (Здесь и далее рекомендации по устройству электрического освещения школьных зданий излагаются на основе проектной практики и научно-исследовательских работ, выполненных МНИИТЭП.)

Источники света. В ОУ основных помещений школ в целях экономии электроэнергии и повышения уровня освещенности следует применять ЛЛ. Во вспомогательных помещениях, таких как насосные, тепловые пункты, бойлерные, электрощитовые, технические подполья, целесообразно использовать ЛН. В отдельных случаях в соответствии с архитектурным решением применяются ЛН для освещения актовых залов и эстрад.

Если отсутствуют специальные требования к цветопередаче, следует применять преимущественно ЛЛ типа ЛБ. При технической необходимости или по эстетическим соображениям в пределах одного помещения, например актового зала, вестибюля, можно применять ИС разных типов.

Для освещения спортивных площадок, расположенных на территории школ, вне зданий рекомендуется применять ЛН, а для освещения школьных дворов и подъездов ДРЛ.

Выбор и размещение светильников. Для общего освещения учебных помещений школ применяются ОП рассеянного света с ЛЛ, а также ОП, направляющие в верхнюю полусферу не менее 15 % светового потока. Допускается использование ОП, не удовлетворяющих этому требованию, при условии, что потолок имеет коэффициент отражения не менее 0,7, стены не менее 0,5 и пол не менее 0,3.

Согласно [13.1] ОП с ЛН, устанавливаемые над рабочими местами в помещениях для приготовления и раздачи пищи (столами, плитами и т. п.), должны иметь снизу защитное стекло, а ОП с ЛЛ — защитное стекло, решетку или специальные ламповые патроны, конструкция которых исключает возможность выпадения ламп.

Для освещения классной доски при люминесцентном освещении рекомендуется применять ОП типа ЛПО12 с несимметричным светораспределением, размещая их в линию параллельно плоскости доски. Можно освещать классную доску ОП прямого света, устанавливаемыми наклонно. Высота расположения ОП типа ЛПО12 выбирается с учетом установки киноэкрана. Для обеспечения равномерного освещения доски расстояния от плоскости доски до ОП определяются в зависимости от высоты его установки. Так, для высот 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,4 и 3,6 м расстояния от доски составляют соответственно 0,55; 0,7; 0,85; 0,95; 1,1; 1,26; 1,4 и 1,55 м.

В крытых бассейнах используются ОП прямого или преимущественно прямого светораспределения. Светильники, как правило, следует устанавливать на потолке или на стенах над боковыми проходами, что облегчает их обслуживание, возможно устанавливать ОП на стенах наклонно (см. § 13.11).

Спортивные залы освещаются люминесцентными светильниками с ЛЛ, устанавливаемыми на потолке вдоль боковых стен, например ЛПО25 (см. § 13.11), или наклонно по боковым стенам (например, типа УСП). На торцевых стенах зала или на потолке около этих стен ОП устанавливать не следует. Светильники закрываются металлическими решетками для защиты от удара мячом. В бассейнах и спортзалах возможно устройство отраженного света.

Светильники общего освещения в учебных помещениях рекомендуется размещать рядами параллельно длинной стороне помещения с окнами с раздельным включением и отключением рядов. Ряды должны быть по возможности непрерывными или с разрывами, не превышающими примерно 0,5 расчетной высоты.

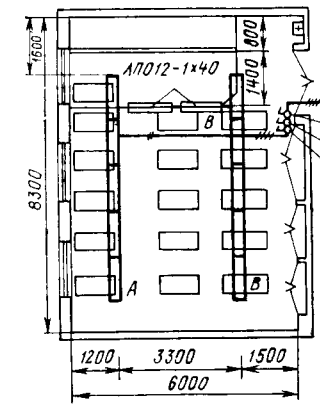


Рис. 13.25. Проект освещения класса.

Освещение актовых залов, как правило, выполняется рядами светильников с ЛЛ. Однако в зависимости от архитектурных решений возможно использование ОП с ЛЛ и ЛН, встраиваемых в подвесные потолки, а также устройство отраженного света. Учитывая массовость строительства школьных зданий, в целях экономии электроэнергии следует избегать применения световых карнизов, ниш, полос, куполов, люстр и других средств архитектурно-художественного освещения.

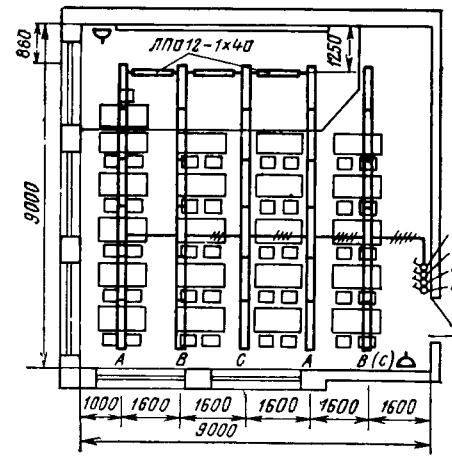


Рис. 13.26. Проект освещения класса рисования.

В обеденных залах применяется система общего освещения, однако допустимо устройство локализованного освещения, с тем чтобы освещенность на столах была не менее 200 лк, а в проходах и других местах — не менее 30 лк при любых ИС.

Освещение эстрад или сцен, расположенных в актовых залах, следует, как правило, осуществлять софитами с зеркальными ЛН, размещаемыми над эстрадой или сценой, и СП, устанавливаемыми за пределами эстрады или сцены на потолке (верхнее выносное освещение) и на боковых стенах (боковое выносное освещение). Если число мест в зале менее 400, можно применять только боковое выносное освещение. Вертикальная освещен-

ность, создаваемая на эстраде ОП общего освещения в СП выносного действия при их совместной работе, должна быть не менее 300 лк на высоте 1,5 м в плоскости, удаленной от края эстрады на расстояние 1,5 м. Источники света СП выносного освещения должны быть скрыты от глаз зрителей.

Освещение книгохранилищ школьных библиотек (см. § 13.5) выполняется ОП, устанавливаемыми по оси

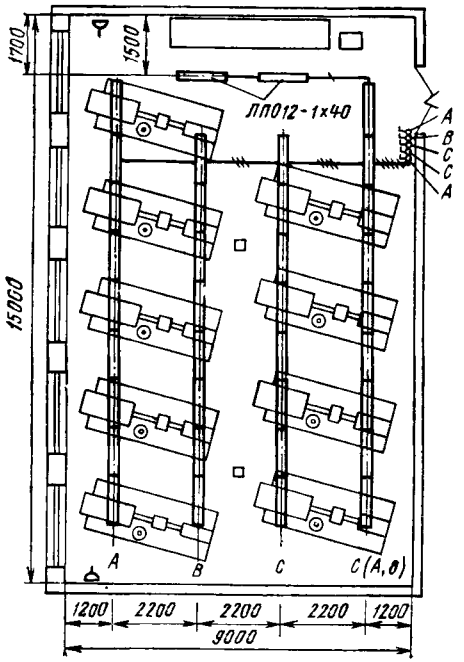


Рис. 13.27. Проект освещения мастерской металлообработки.

каждого прохода между стеллажами. Светильники не должны мешать доступу ко всем книжным полкам.

В читальных залах применяется общее освещение рядами ОП с ЛЛ, кроме того, должны быть предусмотрены розетки для подключения переносных диапроекторов в пионерских комнатах, на лабораторных столах (с подключением групповых линий к щитку преподавателя), в учительских и административно-конторских помещениях, в здравпунктах — для подключения ОП местного освещения и медицинских приборов, в лингафонных кабинетах — для подключения звуковоспроизводящей аппаратуры.

В учебных помещениях, спортивных залах общеобразовательных школ, расположенных в Заполярье, необходимо предусматривать устройство эритемных ОСУ (см. § 10.2).

В школьных зданиях, в первую очередь в учебных помещениях (классах, кабинетах, лабораториях), следует использовать люминесцентные ОП с ПРА с особо низким уровнем шума.

Для обслуживания ОП в актовых и спортивных залах, высота которых превышает 5 м, необходимо предусматривать в проектах передвижные телескопические вышки и выделять помещения для их хранения.

Типовые решения по размещению светильников. На рис. 13.25—13.30 приведены типовые решения по размещению ОП и устройству групповой сети некоторых характерных помещений общеобразовательных школ, а в табл. 13.11 — технические характеристики ОУ, изображенных на рисунках. На рис. П.9, *г, д, е* даны общие виды классов и лингафонного кабинета.

Электрооборудование. По степени обеспечения надежности электроснабжения комплекс электроприемников школьных зданий любой этажности относится ко второй категории. В соответствии с этими требованиями решается схема электрических сетей здания, в том числе и сетей освещения. Принципы построения схем пита-

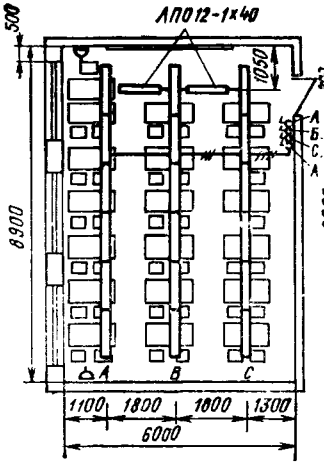


Рис. 13.28. Проект освещения чертежного кабинета.

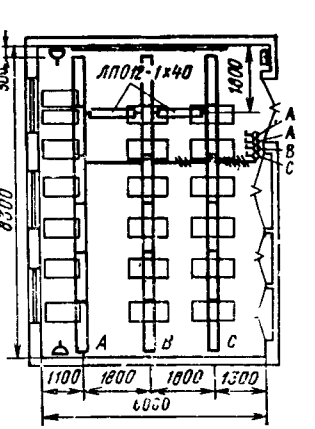


Рис. 13.29. Проект освещения кабинета домоводства.

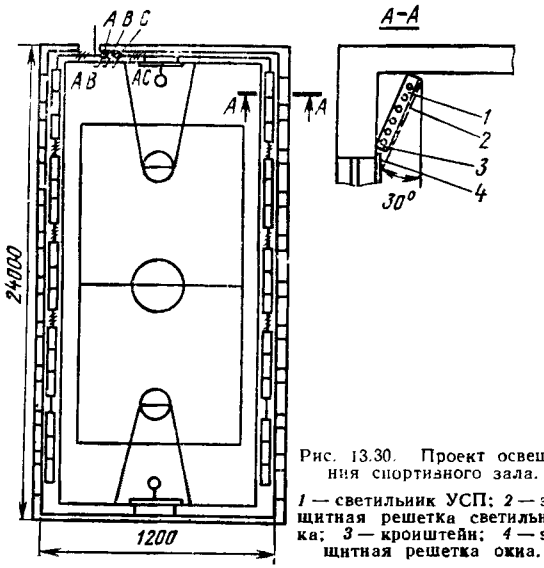


Рис. 13.30. Проект освещения спортивного зала.

1 — светильник УСП; *2* — защитная решетка светильника; *3* — кронштейн; *4* — защитная решетка окна.

ющих сетей рассмотрены в § 13.1. С учетом специфики рекомендуется питание школьных зданий осуществлять от двухтрансформаторных подстанций не менее чем двумя взаиморезервируемыми кабельными линиями без присоединения к этим линиям других потребителей. При воздушных вводах в сельской местности можно ограничиться одним вводом, однако необходимо предусмотреть возможность устройства временных шланговых перемычек от близлежащих зданий.

Расчетная потребляемая мощность определяется с учетом коэффициентов спроса: для групповой сети рабочего и АЭО здания равным 1,0, для питающей сети — см. табл. 13.6 для АЗ.

Таблица 13.11. Характеристики осветительных установок некоторых характерных школьных помещений

Помещения	Горизонтальная освещенность, лк	Показатель дискомфорта	Коэффициент использования	Удельная мощность, Вт/м²	Типы светильника	Количество светильников	№ рисунка
Класс	300	8	0,55	16	ЛСО02-2×40	10	13.25
	300	12	0,49	16	ЛПО28-2×40	10	
Класс рисования	500	13	0,44	30	Л2010М-2×40	30	13.26
Мастерская металлообработки	300	12	0,47	9	Л2010М-2×40	34	13.27
Чертежный кабинет	500	9	0,58	25	ЛСО02-2×40	18	13.29
Кабинет домоводства	400	9	0,39	29	Л2010М-2×40	18	13.28
Спортивный зал	200	10	0,41	25	УСП6×40	30	13.30

Примечание. Светотехнические расчеты выполнены для ЛЛ типа ЛБ со световым потоком 3000 лм.

На рис. 13.31 приведен усредненный зимний суточный график нагрузок от электроосвещения школьного здания с электрифицированным пищеблоком. Как видно из графика, нагрузка имеет выраженный максимум между 8 и 11 часами, что объясняется необходимостью полного включения освещения в зимнее время.

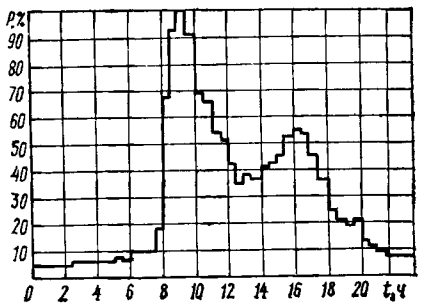


Рис 13.31. Усредненный зимний суточный график осветительных нагрузок школьного здания (при односменной работе).

В целях экономии электроэнергии в школах с числом учащихся более 500 целесообразно предусматривать централизованное автоматическое или дистанционное управление освещением таких помещений, как коридоры, холлы, вестибюли, спортзалы, бассейны, лестничные клетки и т. п. При этом освещение лестничных клеток, рекреаций рекомендуется частично отключать на время урока и включать на время перемены, используя в качестве командного аппарата электрические звонки, которые, как правило, устанавливаются в школьных зданиях.

Питание освещения открытых спортивных площадок осуществляется от осветительной сети здания. Для этого следует предусматривать отдельные групповые щитки с дистанционным управлением.

Управление освещением классов, кабинетов, лабораторий, которое в большинстве случаев выполняется рядами люминесцентных ОП, расположенными параллельно окнам, осуществляется по рядам. В этих помещениях выключатели сети освещения должны устанавливаться в удобных местах на высоте 1,8 м, на такой же высоте должны размещаться и розетки, в прочих помещениях выключатели общего освещения устанавливаются на высоте 1,5 м, а розетки — на высоте 0,8 м.

Управление рабочим, АЭО и дежурным освещением актовых залов должно осуществляться следующим образом:

при отсутствии эстрады и киноаппаратной — аппаратами, установленными у входных дверей;

при наличии только эстрады рабочее освещение должно управляться аппаратами, установленными на эстраде, а дежурное и АЭО — аппаратами, размещенными на эстраде и у входных дверей;

при наличии эстрады и киноаппаратной управление рабочим освещением должно производиться аппаратами, установленными на эстраде и в киноаппаратной, а управление АЭО и дежурным освещением — аппаратами, установленными на эстраде, в киноаппаратной и у входных дверей, а при наличии в зале микшерского пункта — еще и рядом с ним.

Питание розеток в школьных лабораториях на столах учеников должно быть предусмотрено через отключающий аппарат, находящийся на столе или щитке преподавателя.

В школьных зданиях целесообразно применять следующие способы прокладки электрических сетей: внутри здания питающие сети прокладываются открыто в подвалах, технических подпольях, тепловых пунктах, насосных и других аналогичных помещениях. Открытая прокладка выполняется в винипластовых трубах, коробах, а также на лотках в помещениях, где нет газопроводов. На первом и вышележащих этажах питающие линии прокладываются скрыто в каналах строительных конструкций (без труб) и в несгораемом слое подготовки пола — в винипластовых трубах; групповые линии освещения должны выполняться скрытыми сменяемыми: в каналах строительных конструкций или в трубах в подготовке пола. Возможны также открытые проводки в специальных коробах из пластмассы или алюминия и электротехнических плинтусах. В небольших кирпичных зданиях школ возможна скрытая прокладка специальных проводов под слоем штукатурки с соблюдением требований норм для указанных проводок. Провода с алюминиевыми жилами используются для проводок в школьных зданиях за исключением киноаппаратных и перемоточных при актовых залах, где применяются провода с медными жилами.

13.5. БИБЛИОТЕКИ И АРХИВЫ

При проектировании освещения библиотек и архивов необходимо учитывать специфику их помещений, назначение, характер зрительной работы, а также вопросы защиты документов от разрушающего действия света. В табл. 13.12 приведен перечень основных помещений для зданий библиотек и архивов [13.27, 13.28] с рекомендуемыми значениями количественных и качественных показателей освещения [44, 13.1].

Зрительная работа в основных помещениях библиотек и архивов связана с чтением книг, журналов, газет, документов, просмотром микрофильмов, диапозитивов, поиском необходимой литературы в картотеках, а также с работой обслуживающего персонала в хранилищах.

Таблица 13.12. **Нормы освещенности и нормируемые качественные показатели основных помещений библиотек и архивов**

Помещения	Группа помещений по п. 1.2 [44]	Плоскость нормируемой освещенности, (Г—горизонтальная, В—вертикальная), ее высота над полом, м	Источник света	Освещенность рабочей поверхности, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемая группа светильников[1]	Условия среды
Библиотеки									
Читальные залы общие, научные (отраслевые)	I	Г-0,8	ЛЛ	300[2]	100[4]	40	15	1, 3, 4	Нормальные
Специализированные отделы[3]	I	Г-0,8	ЛЛ	300[2]	100[4]	40	15	1, 3, 4	»
Лекционные залы-аудитории	I	Г-0,8	ЛЛ	300[5]	—	40	10	1, 3, 4	»
Книгохранилища	I	В-1, на стеллаже	ЛЛ	75	—	60	—	2, 5	Класса П-IIа
			ЛН	30	—	60	—	6	
Места дежурных библиотекарей	I	Г-0,8	ЛЛ	300[2,6]	—	40	15	1, 3, 4	Нормальные
Фонды открытого доступа к книгам (на стеллажах)	I	В-1, на стеллаже	ЛЛ	75	—	60	—	1, 3, 4	»
Отделы записи и регистрации читателей	I	Г-0,8	ЛЛ	300[2]	—	40	15	1, 3, 4	»
Помещение читательских каталогов, фонотека	I	В, фронт карточек	ЛЛ	150	—	40	15	1, 3, 4	»
Абонементы	II	Г-0,8	ЛЛ	200[2]	—	40	15	1, 3, 4	»
Помещение тематических выставок и показа новых поступлений	II	Г-0,8	ЛЛ	200	75[4]	60	—	1, 3, 4	»
Комната группового прослушивания звукозаписи	III	Г-0,8	ЛЛ	200[5]	—	60	15	1, 3, 4	»
Отделы комплектации, технической и научной обработки, библиографических работ и межбиблиотечный абонемент	I	Г-0,8	ЛЛ	300[2]	—	40	15	1, 3, 4	»
Служебный каталог	I	В, фронт карточек	ЛЛ	150	—	40	15	1, 3, 4	»
Помещения для приемки и распаковки литературы	II	Г-0,8	ЛЛ	150	—	40	10	1, 3, 4	»
Архивы									
Хранилища для документов	III	В-1, на стеллаже	ЛН	50	—	60	—	6	Класса П-IIа
			ЛЛ[7]	75	—	60	—	2, 5	
Помещения временного хранения документов	III	Г-0,8	ЛН	50	—	60	—	6	То же
			ЛЛ[7]	75	—	60	—	2, 5	
Помещения хранения учетных документов	III	В, фронт карточек	ЛН	50	—	60	—	6	» »
			ЛЛ[7]	75	—	60	—	2, 5	
Помещения при читальном зале для временного хранения документов, выдаваемых в читальный зал	III	В-1, на стеллаже	ЛН	50	—	60	—	6	» »
			ЛЛ[7]	75	—	60	—	2, 5	
Помещения хранения служебных каталогов и описей	III	В, фронт карточек	ЛЛ	75	—	60	—	2, 5	» »
Помещения хранения фотодокументов и микрофильмов	III	В-1, на стеллаже	ЛЛ	75	—	60	—	2, 5	» »
Читальный зал для работы с документами	I	Г-0,8	ЛН	200	75	40	—	7, 8	Нормальное
			ЛЛ[7]	300[2]	100[4]	40	10	1, 3, 4	
Помещения обеспыливания документов	II	Г-0,8	ЛН	100[3]	—	60	—	7, 8	Пыльное
			ЛЛ[7]	150[8]	—	60	—	5	
Помещения дезинфекции и дезинсекции документов	II	В, на стеллаже	ЛН	100[3]	—	—	—	7, 8	»
			ЛЛ[7]	100[8]	—	60	—	5	
Помещения реставрации	I	Г-0,8	ЛН	200	—	60	—	7, 8	»
			ЛЛ[7]	300	—	60	20	5	
Помещения электрорепродукционной	I	Г-0,8	ЛЛ	200[8]	—	60	2	1, 3, 4	Нормальное

[1] Светильники условно разделены на следующие группы: группа 1 — типов УСП, Л2010М, ЛПО01, ЛПО02; 2 — ЛПО13; 3 — ЛВО01, ЛВО03, ЛВО05; 4 — ЛСО02, ЛСО04, ШОД; 5 — ПВЛМ; 6 — НПП03, НСР01, ППР100, ППР200, ПСХ; 7 — НПО01, ПП07, ПЛК; 8 — СК300, ПКР300М.

[2] Для дополнительного местного освещения следует предусматривать установку розеток (за исключением детских библиотек).

[3] Отделы иностранной литературы, искусств с секторами нотно-музыкальным и изографики, справочно-библиографический с сектором краеведения, технической литературы с сектором патентов, периодической печати, научно-исторический.

[4] В тех случаях, когда по условиям архитектурно-художественного оформления необходимо обеспечить впечатление насыщенности помещения светом.

[5] Для подключения проекторов или звуковоспроизводящей аппаратуры требуется установка розеток.

[6] Рекомендуется устройство местного освещения над барьером.

[7] Допускается в виде исключения для архивов автономных республик, областных, городских и районных.

[8] При светотехнических расчетах следует принимать коэффициент равным 1,8 для светильников с ЛЛ и 1,5 — с ЛН. Для переносных светильников необходимо предусматривать установку штепсельных розеток на напряжение 42 В.

Для освещения помещеиий, предназначенных для работы читателей, рекомендуется применять систему общего освещения. При этом в читальных залах предусматривается не менее 10 % мест, оборудованиых местным освещением [13.27]. Кроме того, устанавливаются розетки для подключения светопроекционной и звуковоспроизводящей аппаратуры.

Для помещений хранилищ с крупным стационарным оборудованием помимо освещения проходов предусматривается локализованное освещение.

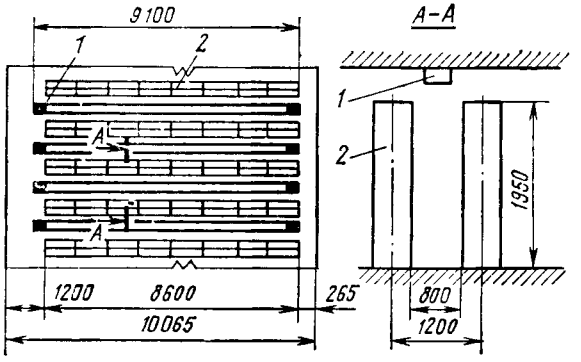


Рис. 13.32. Проект освещения книгохранилища в библиотеке.

1 — линия люминесцентных светильников типа ЛПО13; *2* — многосекционный стеллаж.

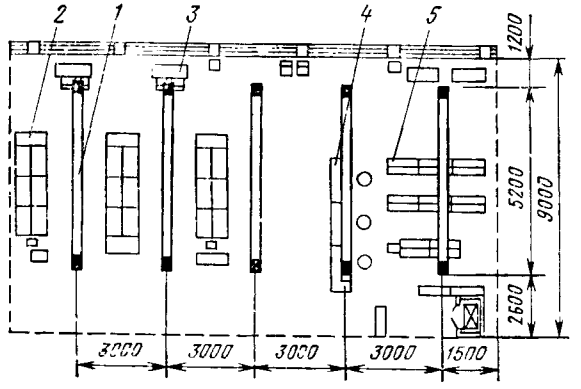


Рис. 13.33. Проект освещения аванзала в библиотеке.

1 — линия люминесцентных светильников типа ЛПО02; *2* — каталожный шкаф для читательских каталогов; *3* — стол для работы с каталогом; *4* — кафедра выдачи книг; *5* — стеллаж для фондов открытого доступа.

В помещениях для читателей должны использоваться люминесцентные ОП с ПРА с особо низким уровнем шума.

При установке неподвижных стеллажей и шкафов могут быть рекомендованы следующие приемы освещения.

1. Светильниками с ЛЛ с зеркальными отражателями с несимметричным светораспределением (например, типа ЛПО13 с экранирующей решеткой), установленными на потолке в межстеллажном пространстве (рис. 13.32).

2. Светильниками с металлическими экранирующими решетками, установленными непосредственно на стеллажах на кронштейнах, либо ОП с ЛН со степенью защиты IP30.

В некоторых архивах применяются передвижные стеллажи, перемещаемые при необходимости по направляющим. В этом случае освещение выполняется ОП, установленными равномерно на потолке над стеллажами. Светильники для освещения пожароопасных помещений класса П-IIа, к которым относятся хранилища, могут быть в любом исполнении, но конструкция их должна исключать выпадение ламп, а ПРА должны располагаться в негорючей полости.

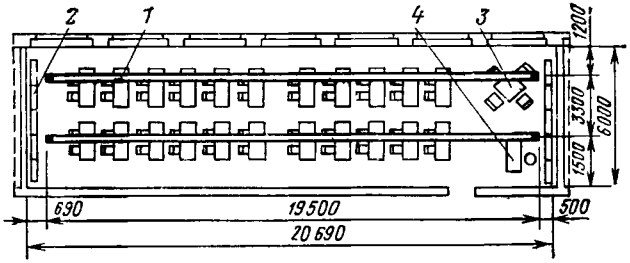


Рис. 13.34. Проект освещения читальиого зала в библиотеке.

1 — линия люминесцентных светильников типа ЛПО02; *2* — односторонний стеллаж; *3* — журнальный стол; *4* — рабочий стол.

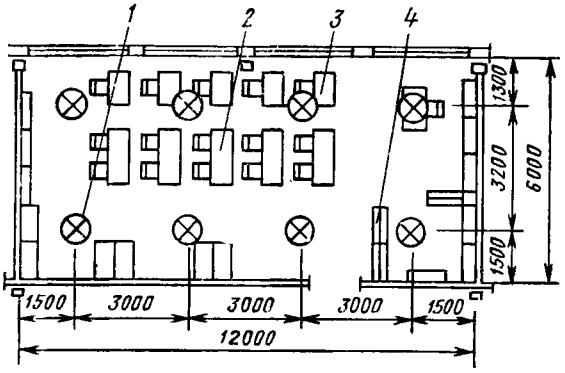


Рис. 13.35. Проект освещения читального зала в архиве.

1 — светильник типа ПКР-300М; *2, 3* — читательские столы; *4* — двухсторонний стеллаж.

В помещениях со свободным доступом читателей к книгам шкафы или стеллажи размещаются более свободно, чем в хранилищах, в этих помещениях необходимая освещенность может быть обеспечена системой общего равномерного освещения. На рис. 13.33 для примера показан проект освещения аванзала в библиотеке. Осветительные приборы с ЛЛ установлены на потолке между читательскими каталожными шкафами и над кафедрой выдачи книг. Примеры проектов освещения читальных залов в библиотеках и в архивах, выполиенные ОП с ЛЛ и с ЛН, приведены на рис. 13.34 и 13.35. Потолок, стены и полы рекомендуется окрашивать или отделывать светлыми материалами.

В основных помещениях библиотек должны применяться ЛЛ типа ЛБ (допускается также использование ламп ЛХБ). Должны найти применение в читальных залах и МГЛ.

В помещениях архивов, где читатели и обслуживающий персонал работают с документами, в целях исключения разрушающего действия УФ излучения следует использовать ЛН [13.22].

Для освещения помещений библиотек и архивов предусматриваются два вида освещения: рабочее и ЭО, которое устраивается по основиым проходам, коридо-

рам, в местах пребывания читателей и хранилищах. Пути эвакуации обозначаются СУ с надписью «Выход» или знаком, указывающим направление эвакуации.

По степени обеспечения надежности электроснабжения электроустановки зданий библиотек и архивов относятся к следующим категориям: библиотек более 100 тыс. единиц хранения и архивов СССР, союзных и автономных республик, областных (краевых), городских, а также филиалов этих архивов — ко второй категории; библиотек менее 100 тыс. единиц хранения и районных архивов — к третьей категории.

Управление освещением читальных залов осуществляется централизованно с групповых щитков.

В хранилищах выключатели для управления освещением в проходах устанавливаются вне помещений, для управления освещением в межстеллажном пространстве — на стеллажах.

Рекомендуется обеспечивать возможность раздельного управления освещением помещений с естественным светом и без него. Кроме того, в помещениях с естественным освещением, например в читальных залах, управление освещением целесообразно осуществлять по участкам с различным удалением от окон.

При расчете групповой сети рабочего и АЭО зданий библиотек и архивов коэффициент спроса следует принимать равным 1,0, а для расчета нагрузок рабочего освещения питающей сети по [13.1].

Вводно-распределительное устройство зданий библиотек и архивов, как правило, должно устанавливаться в специальном электрощитовом помещении. Групповые щитки размещаются на каждом этаже, желательно во встроенных шкафах или нишах, недоступных посетителям. Групповые щитки, предназначенные для питания нагрузок освещения хранилищ, должны иметь общие аппараты для отключения электрических сетей этих помещений после окончания работы, приспособленные для опломбирования.

Питающие и групповые электрические сети освещения должны выполняться, как правило, сменяемыми, в винипластовых трубах, за исключением пожароопасных помещений.

В хранилищах библиотек и архивов союзного значения в соответствии с гл. II-1-49 ПУЭ электрические сети должны выполняться проводами или кабелями только с медными жилами, например кабелями марок ВРГ, ВВГ и НРГ, на скобах по стенам, перекрытиям или на лотках, проводами марок ПВ, ПРТО — в стальных электросварных трубах с резьбовым соединением с помощью муфт. В остальных помещениях проводка выполняется проводами и кабелями с алюминиевыми жилами.

Открытые виды электропроводок допускаются в складских, подвальных, производственных и тому подобных помещениях с учетом условий среды.

13.6. ПРЕДПРИЯТИЯ ТОРГОВЛИ

Магазины по продаже промышленных и продовольственных товаров являются одним из самых распространенных видов общественных зданий и помещений. Магазин, как правило, состоит из двух основных групп помещений — торговых залов и складов, при этом склады могут быть расположены в одном здании с торговыми залами или отдельно. Складские помещения, обслуживающие группу магазинов, называются торговыми базами.

При освещении магазинов необходимо учитывать их следующие технологические особенности: торговля производится продавцами или методом самообслуживания; типы товаров — продовольственные и промышленные или оба вида в одном помещении; магазин предназначен для одного типа товаров, их разновидности расположены в общем или в специализированных залах; имеются предприятия торговли малых форм — киоски, палатки.

Таблица 13.13. **Рекомендации по выбору ЛЛ для основных помещений магазинов**

Помещения	Тип ЛЛ
Магазины:	
универмаги, готового платья, тканей, парфюмерии, галантереи, игрушек, цветов	ЛЕ, ЛХБ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
обуви, спортивных товаров, ювелирные, головных уборов, книжные и канцтоваров	ЛЕ, ЛХБ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
примерочные кабины, бракеражные столы	ЛБ ЛХЕ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
Торговые залы магазинов:	
мебельных	ЛЕ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
посудо-хозяйственных, электротоваров	ЛБ
меховых изделий	ЛЕ, ЛДЦ, ЛДЦУФ
Торговые залы продовольственных магазинов:	
универсамы, «мясо», «птица», «гастрономия», «молоко», «овощи»	ЛЕ
«рыба»	ЛДЦ
«бакалея», «хлеб», «кондитерские изделия», «вино»	ЛБ

Для складских помещений необходимо учитывать вид хранимой продукции или товара, температуру, при которой она хранится, и технологический метод хранения (навалом, на поддонах, на полках, на стеллажах, на высотных стеллажах, обслуживаемых электропогрузчиками или электроштабелерами).

Основными помещениями предприятий торговли являются торговые залы, залы демонстрации новых товаров и фасонов одежды, примерочные кабины, отделы заказов, помещения для подготовки товаров к продаже, мастерские подгонки готового платья, ремонтно-декорационные мастерские, экспедиции, автомобильные дебаркадеры, главные кассы, пункты приема посуды, кладовые, складские помещения, зарядные станции электропогрузчиков.

К освещению торговых залов предъявляются архитектурные требования, необходимо также обеспечение наилучшего вида продаваемого товара, создание в помещениях светового комфорта [13.29—13.32].

Источники света. Для общего освещения магазинов и для подсвета товаров в основном используются ОП с ЛЛ. Однако в ряде случаев применяются и ЛН, а также одновременно оба типа ИС. Выбор ИС зависит от вида продаваемого товара, их расположения в торговом зале или в специализированных помещениях, необходимости обеспечения правильной цветопередачи и др. Рекомендации по выбору типа ЛЛ в зависимости от товара приведены в табл. 13.13.

В табл. 13.14 даны нормы количественных и качественных показателей характерных помещений, рекомендуемые ИС и светильники для их освещения.

В случае продажи в одном помещении промтоварного магазина различных товаров рекомендуется использовать лампы того типа, который будет наилучшим для товаров, требующих улучшениой цветопередачи.

При освещении различных ярмарок, отделов по продаже елочных игрушек, детских товаров применяются цветные ЛЛ: красные, желтые, зеленые и голубые.

Лампы накаливания выбираются как для общего освещения, так и для местных подсветов. Значительный интерес представляют ГЛН, обеспечивающие хорошую цветопередачу. Они могут широко использоваться в

Таблица 13.14. **Нормы освещенности, качественные показатели, рекомендуемые источники света и светильники для освещения помещений магазинов и складов**

Помещения	Группа помещений или разряд зрительной работы [44]	Плоскость нормируемой освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная), ее высота над полом, м	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый: источник света	Рекомендуемый: тип светильника	Условия среды
Магазины								
Торговые залы магазинов книжных, готового платья, белья, обуви, тканей, меховых изделий, головных уборов, парфюмерных, галантерейных, ювелирных, электро- и радиотоваров и продовольственных без самообслуживания	II	Г-0,8	300[1,3]	40	15	ЛЛ	ЛПО02, ЛВО01, ЛПО03, ЛВО31, УСП, ЛПО09	Нормальные
Торговые залы продовольственных магазинов с самообслуживанием	II	Г-0,8	400[1,3]	40	15	ЛЛ	ЛПО02, ЛВО01, ЛПО03, ЛВО31, УСП, ЛПО09	»
Торговые залы магазинов посудных, мебельных, спортивных товаров, стройматериалов, электробытовых машин, игрушек и канцелярских товаров	II	Г-0,8	200[2,3]	60	15	ЛЛ	ЛПО02, ЛВО01, ЛПО03, ЛВО31, УСП, ЛПО09	»
Примерочные кабины	I	В-1,5	300	—	20	ЛЛ	ЛПО03	»
Залы демонстрации новых товаров	II	Г-0,8, В-1,5	300[1,4]	60	15	ЛЛ	ЛПО02, ЛВО01, ЛПО03, ЛВО31, УСП	»
Отделы заказов, бюро обслуживания	I	Г-0,8	200[4]	60	20	ЛЛ	ЛПО02, ЛВО01, ЛПО03, ЛВО31, УСП	»
Помещения для подготовки товаров к продаже:								
разрубочные, расфасовочные, комплектовочные, отделы заказов	I	Г-0,8	200	60	20	ЛЛ	ЛСО04, ШОД	»
для нарезки тканей	I	Г-0,8	300	40	15	ЛЛ	ПВЛМ	Класса П-IIа
гладильные мастерские	I	Г-0,8	300	40	15	ЛЛ	ЛСО04, ШОД	Нормальные
мастерские в магазинах радио- и электротоваров	I	Г-0,8	300[4]	40	15	ЛЛ	ЛСО04, ШОД	»
Главные кассы	I	Г-0,8	300[4]	40	15	ЛЛ	ЛПО02, ШОД	»
Мастерские подгонки готового платья	I	Г-0,8	500	40	10	ЛЛ	ЛСО04, ШОД	»
Рекламно-декорационные мастерские	I	Г-0,8	300[4]	40	15	ЛЛ	ПВЛМ	Класса П-IIа
Мастерские ремонта оборудования и инвентаря	I	Г-0,8	300[4]	40	15	ЛЛ	ШОД, ЛСО04	Нормальные
Пункты приема посуды	I	Г-0,8	75	—	—	ЛЛ	ЛПО02, ШОД	»
Разгрузочные помещения	II	Пол	100	—	20	ЛЛ	ШОД, ЛСО04	»
Транспортные туннели	—	»	50	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	»
Помещения для хранения упаковочных материалов, инвентаря и обменного фонда контейнеров	—	Г-0,8	50	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	Класса П-IIа
Кладовые:								
овощей	—	Г-0	20	—	—	ЛН	ППД, НСП09	Сырые
продуктов в сгораемой упаковке	—	Г-0	50	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	Класса П-IIа
в непродовольственных магазинах	—	Г-0	75	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	То же
в магазинах бытовой химии, торгующих взрывоопасными товарами	—	Г-0	30	—	—	ЛН	ВЗГ-200АМ	Класса В-Iа
Здания общетоварных складов								
Склады тканей, галантереи	VIIIа	Пол	100[5,6] / 50	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	Класса П-IIа
Склады непродовольственных товаров	VIIIб	»	75[5,6] / 50	—	—	ЛЛ	То же	То же
Склады мебели с разбраковкой	Vг	»	150[6]	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	» »
Склады продовольственных товаров	VIIIб	»	75[5,6] / 50	—	—	ЛЛ	ПВЛМ	» »
Места бракеров	IVг	Г-0,8	300[7]	40	15	ЛЛ	ПВЛМ	» »
Экспедиции	VIIIа	Пол	100[6]	—	20	ЛЛ	ПВЛМ	» »
Дебаркадер железной дороги	VIIIа	»	100[6,8]	—	20	ЛЛ	ПВЛМ	» »
Автоплатформа	VIIIа	»	50[6]	—	20	ЛН	ППД, НСП09	» »

Продолжение табл. 13.14

Помещения	Группа помещений или разряд зрительной работы [44]	Плоскость нормируемой освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная), ее высота над полом, м	Освещенность рабочих поверхностей[11], лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый: источник света	Рекомендуемый: тип светильника	Условия среды
Плодоовощные базы[9]								
Хранение картофеля, овощей и фруктов в обычных и охлаждаемых камерах	—	Пол	10[10]	—	—	ЛН	ППД	Сырые
Отделения товарной обработки и фасовки	Vб	Г-0.8	200	60	20	ЛЛ	ПВЛМ	»
Склады сырья	—	Пол	20	—	—	ЛН	ППД	»
Склад готовой продукции	—	»	20	—	—	ЛН	ППД	»

[1] Цилиндрическая освещенность принимается равной 100 лк.
[2] Цилиндрическая освещенность 75 лк.
[3] Для дополнительного освещения товаров устанавливаются розетки на 220 В.
[4] Для дополнительного местного освещения устанавливаются розетки на 220 В.
[5] В числителе освещенность для неавтоматизированных складов, в знаменателе — для автоматизированных.
[6] Освещенность указана для складов без естественного освещения. В складах с естественным освещением она должна снижаться на одну ступень.
[7] Над рабочими местами бракеров обязательно устройство дополнительного местного освещения.
[8] Для освещения разгружаемых вагонов вдоль платформы устанавливаются розетки на напряжение 36 В для подключения переносных ламп.
[9] Требования [44] не распространяются на помещения для хранения сельскохозяйственной продукции.
[10] Охлаждаемые камеры относятся к помещениям с нормальной средой.
[11] В случае производства погрузочно-разгрузочных работ с помощью электропогрузчиков освещенность принимается равной 20 лк, при использовании других механизмов этот уровень должен создаваться в зоне их работы светильниками, установленными на механизмах.

торговых залах большой высоты и при необходимости обеспечения высоких уровней освещенности.

Металлогалогенные лампы следует считать перспективными, в особенности для освещения таких торговых помещений, как крытые рынки.

В складских помещениях используются ЛЛ и ЛН, причем в охлаждаемых помещениях, холодильниках и холодильных камерах применяются только ЛН.

Светильники. Наиболее целесообразным является применение потолочных и встраиваемых в потолок ОП с ЛЛ и рассивателями, освещающими потолок и стены торговых помещений. Чаще всего для этой цели используются одно- и многоламповые ОП, предназначенные для освещения общественных зданий (типов ЛПО02, ЛПО09, ЛВО01, ЛПО03, УСП и др.) (см. табл. 13.15), и в меньшей степени — ОП, предназначенные для жилых помещений. Имеется опыт успешного применения ОП с ГЛН. Светильники с ЛН также находят широкое применение для освещения торговых залов. Это потолочные ОП с молочными рассеивателями, причем, как правило, для общего освещения используются нестандартные, разработанные по эскизам архитекторов ОП, в том числе различные люстры. Для освещения торговых помещений большой интерес представляют различные модификации люминесцентных ОП с фигурными лампами (кольцевыми, W-образными и т. д.). Освещение вертикальных поверхностей торговых стендов и витрин выполняется ОП с ЛЛ и зеркальными отражателями с глубоким симметричным и несимметричным светораспределением (типа ЛПО13). Для крупных универмагов или специализированных магазинов для создания освещенности целесообразно применять ОП типа ЛВО31, предназначенные для общего освещения и включения в систему вентиляции помещений. Их использование дает определенный экономический эффект.

Выбор типов ОП для предприятий торговли необходимо осуществлять с обязательным учетом требований пожарной безопасности. К торговым залам магазинов не предъявляется каких-либо специальных требований по пожарной опасности. Данные о характеристике среды в основных типах помещений приведены в табл. 13.15.

Виды и системы освещения. Во всех магазинах предусматривается рабочее освещение, а в магазинах с торговыми залами общей площадью 90 м² и более, в торговых залах и по путям выхода из них создается ЭО. Кроме того, ЭО устраивается во всех торговых залах, где торговля ведется по системе самообслуживания. В складских и административных помещениях магазинов, а также в отдельных складских зданиях в случае пребывания в них одновременно более 50 человек, а также в местах, опасных для прохода людей, устраивается АО [44, 13, 29]. При этом выходы для покупателей из магазинов с торговыми залами общей площадью 180 м² и более, а при самообслуживании — с торговыми залами общей площадью 110 м² и более должны быть отмечены световыми указателями с надписью «Выход», присоединенными к сети АО или ЭО (см. § 13.1).

Аварийное освещение предусматривается в крупных магазинах в помещениях главной кассы, АТС, радиоузла, в здравпункте, детской комнате и дебаркадере.

В торговых залах, расположенных на первых этажах магазинов, и по путям эвакуации из них рекомендуется устраивать ночное охранное освещение. В качестве охранного освещения может быть использована сеть АО и ЭО. В крупных торговых предприятиях, где располагаются также охранные подразделения милиции, может быть создана специальная сеть ночного охранного освещения, включаемого с пульта управления, установленного в помещении охраны.

Способы освещения. В магазинах выполняется общее равномерное или локализованное освещение. Широко применяется также система комбинированного освещения.

Независимо от принятой системы наиболее освещаемым всегда должен быть экспонируемый и продаваемый товар, а также различные информационные установки и кассы.

При торговле с продавцами, работающими у стационарно установленных прилавков, наиболее целесообразным является общее равномерное или локализованное освещение.

При применении комбинированной системы ОП местного освещения, как правило, встраиваются в торговое оборудование, при этом конструкция торгового оборудования должна экранировать ИС от покупателей. Если оборудование имеет несколько полок, располагающихся одна над другой, то ИС должны устанавливаться так, чтобы на нижние полки не падали тени от верхних.

При системе торговли по методу самообслуживания технологическое оборудование размещается равномерно по всей площади торгового зала. В процессе работы оборудование переставляется, изменяется ассортимент продаваемых товаров. Наиболее целесообразной системой является комбинированная система освещения с трансформируемым местным освещением. При невозможности создания гибкой системы освещения рекомендуется использовать общее равномерное освещение.

Общее равномерное освещение торговых залов может быть выполнено ОП с ЛЛ, устанавливаемыми различными способами. Они могут стыковаться в сплошные линии, квадраты, прямоугольники или другие фигуры, а также устанавливаться индивидуально (см. рис. II.10, *б, в*) [13.30]. Расстановка ОП в основном зависит от архитектурных требований. Светильники могут встраиваться в подшивные потолки или крепиться к потолку снизу, могут быть установлены ниже потолков на монтажных коробах, подвесах или специальных нестандартных конструкциях. Светильники с ЛН (потолочные, подвесные, настенные, люстры) также применяются в системе общего равномерного освещения (см. рис. П.11, *в*). Широко используются при создании общего равномерного и комбинированного освещения световые потолки (см. рис. П.11, *г* и разд. 15).

Локализованное освещение целесообразно выполнять ОП с ЛЛ, с решетками и зеркальными отражателями (типа ЛПО13) с симметричным и несимметричным (боковым) светораспределением. В последнем случае ОП хорошо освещают не только прилавки, но и товары, находящиеся на полках на стенах за продавцами. Локализованное освещение может быть выполнено и с помощью ОП с ЛЛ, когда они устанавливаются над прилавками, а также с помощью ОП с ЛН.

В продовольственных и промтоварных магазинах в случае отсутствия громоздкого торгового оборудования, установленного на стенах, ОП с ЛЛ можно располагать по периметру прилавков или торгового зала в углах, образуемых стенами и потолком (см. рис. П.11, *д*). Это решение может быть выполнено с помощью угловых ОП с ЛЛ. Целесообразен также прием, при котором прилавки и полки с товарами освещаются ОП направленного света, а остальная часть торгового зала — отраженным светом этих ОП.

В качестве легко трансформируемой системы освещения (местного и локализованного) может быть использована система, использующая осветительные шинопроводы. Переставляя шинопроводы и подключая к ним ОП направленного света с зеркальными ЛН, имеющие возможность свободно поворачиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, можно легко приспосабливать освещение к изменениям в расстановке прилавков. При использовании такой системы освещения резко снижается роль ОП, встроенных в оборудование, но они не исключаются полностью. Почти тот же эффект может быть достигнут при встраивании в потолок поворотных ОП. В обоих случаях для общего освещения используются ОП рассеянного или отраженного света.

В небольших магазинах с одним торговым залом используется одна система или один прием освещения, в больших многозальных магазинах, торговых центрах и универмагах — различные решения для разных помещений.

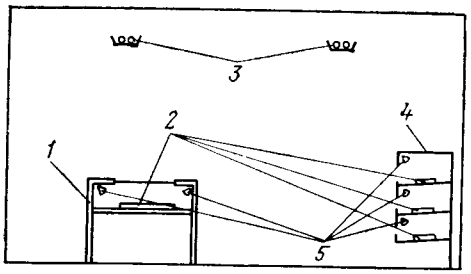


Рис. 13.36. Схема освещения магазина, торгующего изделиями из драгоценных металлов.

1 — прилавок; *2* — образцы товаров; *3* — светильники отраженного света; *4* — горка-витрина; *5* — подсветы.

Большое значение для магазинов самообслуживания, а также для крупных магазинов независимо от принятой формы торговли имеют всевозможные световые информационные указатели, табло. На табло указывается расположение различных секций и товаров в торговом зале, отделов по этажам. Кроме того, в крупных универмагах их необходимо устанавливать у входа на эскалаторы, которые часто трудно обозреваемы для покупателей. Для этой цели могут быть также использованы одноламповые, или двухламповые ОП с ЛЛ, имеющие молочные рассеиватели. Двухламповые ОП в этом случае крепятся к стенам помещения.

Специфические требования предъявляются к освещению ювелирных магазинов или отделов, торгующих изделиями из драгоценных металлов, хрусталя, янтаря и т. п. Рекомендуемой системой освещения здесь является комбинированное, при этом предпочтительно общее освещение, а местное обязательно должно быть выполнено ЛН. Хороший результат удается получить, значительно снижая уровень освещенности от ОП общего освещения и создавая высокую освещенность местными подсветами. При этом ЛН местного освещения должны быть экранированы от покупателя. Для общего освещения целесообразно использовать ОП отраженного света и различные виды карнизного освещения (рис. 13.36).

Освещение примерочных кабин должно обеспечивать возможность обнаружения различных дефектов, правильно передавать цвет товаров. Целесообразно устанавливать ОП выше зеркала, чтобы свет падал на грудь человека под углом 30—45° к вертикали и не ослеплял его. Нельзя устанавливать ОП по бокам зеркала или на боковых стенках примерочных кабин (рис. 13.37).

Освещение залов для демонстрации мод должно обеспечивать возможность для зрителей четко рассмотреть фасон и отделку туалета, цвет ткани [13.31]. Для этой цели создается акцентирующее освещение эстрады и помоста, на котором демонстрируются модели. На рис. 13.38 показана схема освещения, выполненного в Доме моделей в Минске. Освещение помоста следует выполнять с помощью верхнего и верхнебокового света. Для этой цели рекомендуется использовать ОП типа ЛПО13 и ОП с ЛН прямого света, которые обеспе-

чивают необходимое тенеобразование на моделях и тем самым улучшают восприятие туалета и качества его покроя.

Освещение залов в магазинов, в которых продаются телевизоры, должно осуществляться с учетом организации зоны с освещенностью 30 лк при ЛН и 75 лк при ЛЛ, в которой демонстрируются образцы. Тип и размещение ОП должно выбираться так, чтобы ИС не попадали в поле зрения покупателей и на экранах телевизоров отсутствовали отраженные блики. Одновременно должна быть зона освещенностью 300 лк, где покупатели могли бы оценить внешний вид покупки (рис. 13.39).

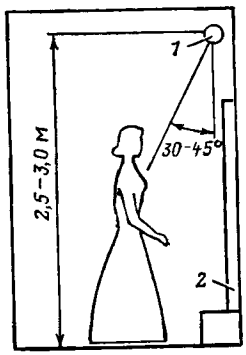


Рис. 13.37. Схема освещения примерочной кабины.

1 — источник света; *2* — зеркало.

Освещение кассовых кабин, когда они расположены в средней части торгового зала, чаще всего обеспечивается за счет общего освещения. Если же оно оказывается недостаточным, то дополнительное освещение создается напольным ОП или ОП, установленным на подвесе над кабиной. В случае, если кабина кассира установлена у стены, то дополнительное освещение выполняется, как показано на рис. 13.40.

Об освещении витрин магазиинов см. § 13.10.

К освещению киосков и палаток предъявляются те же требования, что и к освещению обычных торговых

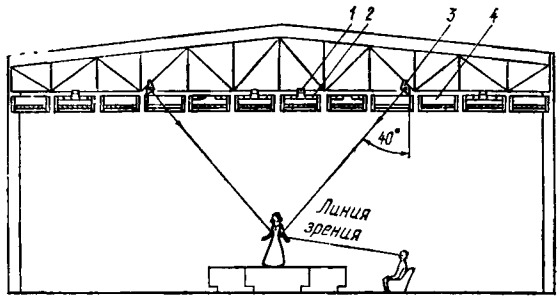


Рис. 13.38. Схема освещения демонстрационного зала Дома моделей в Мниске.

1 — светильник типа СВП-500; *2* — светильник типа ШЛП-2×40; *3* — софит типа КС-4; *4* — элемент потолка — металлический короб.

помещений в магазинах. Однако малая высота этих сооружений требует применения для освещения потолочных ОП с ЛЛ с непрозрачными боковинами и светорассеивающей решеткой, экранирующей ИС от глаз покупателей и продавца. В киосках целесообразно общее равномерное освещение. В больших палатках рекомендуется размещать ОП над прилавками и товарной экспозицией. Для киосков и палаток рекомендуется использовать потолочные одноламповые светильники, перекрытые снизу светорассеивающей решеткой.

Освещение складских помещений должно выполняться с учетом требований пожарной безопасности, технологии складирования и среды помещения.

Преимущественной системой освещения в складских помещениях является общее равномерное освещение. Исключение составляет освещение складов со стационарно установленными стеллажами. В этом случае ОП устанавливаются по оси межстеллажных проходов, немеханизированных, механизированных и полностью автоматизированных складов (рис. 13.41). В складах с межстеллажными штабелерами ОП должны монтироваться достаточно высоко, чтобы ие мешать движению штабелеров. Предпочтительным дли складских баз и

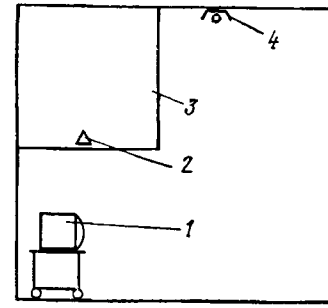


Рис. 13.39. Схема освещения зала по продаже телевизоров.

1 — телевизор; *2* — светильник с ЛН, встроенный в потолок; *3* — полость подвесного потолка; *4* — светильник общего освещения зала.

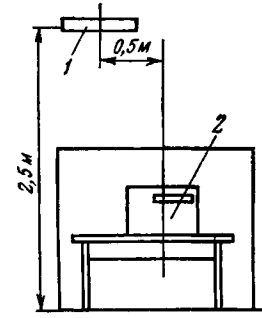


Рис. 13.40. Схема освещения кассовой кабины.

1 — люминесцентный светильник; *2* — кассовый аппарат.

отдельных помещений, в которых хранятся промышленные товары, является люминесцентное освещение (ОП типа ПВЛМ), однако допустимо его выполнение ОП с ЛН типа НСП09. Расстояние от ОП с ЛН до товаров, изделий и тары, находящихси в торговых помещениях и кладовых, должно быть не менее 0,5 м. Очень часто в складских помещениях производят бракеровку товаров. Для этого требуются высокая освещенность бракеражных столов и правильная цветопередача. Освещение таких рабочих мест целесообразно выполнять ОП с ЛЛ в системе локализованного освещения с установкой ОП типа ПВЛМ (с соответствующим типом ЛЛ) на пониженной высоте по сравнению с остальными ОП склада. Аналогичиы требования к освещению складов, в которых хранятся продовольственные товары. Исключение составляют склады овощей и помещения, где товары хранятся при пониженной температуре. В этих случаях выполняется общее равномерное освещение ОП с ЛН типа ППД-200 и др.

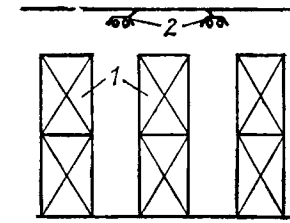


Рис. 13.41. Схема освещения складов со стеллажамн.

1 — стеллаж; *2* — светильник.

Освещение помещений магазинов осуществляется согласно иормативным документам. Допустимо увеличивать освещенность в торговых залах крупиых универмагов, фирменных магазинов, однако такое увеличение необходимо согласовывать с Госграждапстроем.

Расчетные нагрузки. При определении расчетных нагрузок электрического освещения необходимо пользоваться коэффициентами спроса, приведенными в табл. 13.6 для ПКО.

Удельные мощиости электрического освещения магазинов колеблются в широких пределах (от 10 до 40 Вт/м^2) в зависимости от типа магазина, его размеров и принятой системы освещения.

В течение суток график нагрузки неравномерен. В крупных магазинах он более стабилен, так как часть ОП, расположенных в глубине торговых залов и в некоторых подсобных помещениях, включена в течение всего рабочего времени. Максимумы нагрузки наблюдаются в 8—10 и 18—20 ч. Число часов использования максимума для односменных магазинов аналогично его значениям для всех односменных предприятий и зависит только от географической широты местности. Для полуторасменных магазинов, расположенных в Москве, оно составляет 1700 [13.30].

Электроприемники магазинов имеют следующие категории по степени обеспечения надежности электроснабжения: электроустановки в целом магазине с торговыми залами общей площадью от 220 м² и более — вторая категория; менее 220 м² — третья категория.

Питающие и групповые линии. Основные указания по компоновке питающей и групповой сети, напряжению, подводимому к ИС и источникам питания, даны в § 13.1 и 10.2. Ниже приведены специфические для торговых помещений рекомендации.

В ряде случаев в торговых залах крупных универмагов, в больших залах самообслуживания рекомендуется половину ОП (через ряд) подключать к сети рабочего АЭО, взаимно резервируя эти виды освещения. В магазинах самообслуживания к такому же решению приводит наличие большого количества покупателей и открыто выложенного товара.

Для небольших предприятий торговли (палаток, павильонов и т. п.) электросеть включает в себя ВРУ, являющееся одновременно и групповым щитком, и электрический счетчик. Питающая сеть крупных предприятий торговли в подавляющем большинстве случаев выполняется по магистральной схеме.

В групповую осветительную сеть предприятий торговли запрещено включать кассовые аппараты, торговые автоматы, электрополотенца, электроутюги и т. п. Освещение витрин должно питаться отдельными линиями от сети рабочего освещения. Для местного освещения прилавков, полок, световых указателей и прочего торгового оборудования предусматриваются самостоятельные групповые линии. Для ОП, встроенных в торговое оборудование, создается сеть розеток (двухполюсных с заземляющим контактом), которые устанавливаются на колоннах, стенах и в полу торговых залов таким образом, чтобы можно было подключать оборудование на каждом участке торгового зала.

Управление освещением торговых залов должно быть централизованным, недоступным для покупателей и осуществляться с групповых щитков или панели управления. Как правило, групповые осветительные щитки следует размещать вне торговых залов, при невозможности этого их допускается устанавливать в торговых залах в нишах или шкафах с запирающимися дверцами. Управление освещением в бытовых, административно-конторских помещениях выполняется с помощью выключателей. Аппараты управления освещением кладовых и складов желательно устанавливать вне этих помещений и располагать на несгораемых стенах внутри шкафов, имеющих приспособление для опломбирования. Если же выключатели устанавливаются внутри складского помещения, то вне его на вводе линии, питающей это помещение, должен быть установлен отключающий опломбируемый аппарат. Требование опломбирования относится только к пожароопасным складам.

Выполнение осветительной сети. В небольших павильонах и палатках проводки могут выполняться скрытыми несгораемыми или открыто в соответствии с [13.7]. В более крупных магазинах прокладку групповой сети следует выполнять открытой и сменяемой. В технических помещениях торговых зданий и в складах питающая сеть прокладывается преимущественно открыто на лотках или скобах. В отдельно размещаемых складах групповая сеть прокладывается открыто, при этом преимущество отдается тросовым проводкам. Различные виды открытой прокладки допускаются также в технических помещениях, коридорах, чердаках и тому подобных помещениях торговых залов. Транзитная прокладка электросети через складские помещения допускается только в неразрезных трубах, замоноличенных в полу (без вывода труб на отметку пола и без установки протяжных, отпаечных коробок).

Рациональное использование электрической энергии в ОУ. Наиболее экономичным для ОУ торговых залов является прием, когда нормированная освещенность создается в основном поворотными ОП направленного света, установленными вблизи товарных стендов и прилавков. Экономично для больших универмагов применять ОП, совмещаемые с системами вентиляции или кондиционирования воздуха. Так, в универмаге Минска использование для освещения торговых залов ОП типа ЛВО31, подключенных к системе кондиционирования, позволило добиться экономии электроэнергии и воды на нужды кондиционирования, уменьшения объема технических помещений и улучшения ряда других показателей, что привело в период строительства к экономии капиталовложений на осветительное и сантехническое оборудование около 100 тыс. руб. и экономии эксплуатационных расходов в размере 80 тыс. руб. в год. Примером экономичного решения является ОУ демонстрационного зала автомагазина «Москвич», выполненное ОП типа «Гелиос» с ГЛН. В сравнении с вариантом освещения этого помещения двухламповыми ОП с ЛЛ это решение дало экономию капиталовложений 48 тыс. руб. и эксплуатационных расходов 9,5 тыс. руб. в год.

Кроме экономичных решений ОУ в крупных торговых предприятиях определенную экономию электроэнергии удается получить, применяя дистанционное включение и выключение линий питающей сети или групповых осветительных щитов.

Перспективно применение осветительных шинопроводов в сочетании с различными модификациями поворотных ОП направленного света. Должны широко использоваться ИС с хорошей цветопередачей, такие, как ГЛН, МГЛ и т. п. В торговых помещениях могут найти применение одноламповые светильники с открытыми ЛЛ при установке за экранирующими решетками, строительными балками, в кессонированных потолках и в достаточно высоких помещениях, а для местного освещения — ОП, имеющие два зеркальных отражателя (обычный и экранирующий нижнюю часть колбы ЛН) или зеркальную ЛН. Такие ОП и ИС эффективны для освещения открытых выкладок товаров. Большие перспективы имеют плоские световоды взамен световых потолков (см. § 10.5).

13.7. ПРЕДПРИЯТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Сеть общественного питания включает в себя следующие предприятия: фабрики-кухни, столовые, рестораны, бары, кафе, чайные, закусочные, буфеты, домовые кухни, магазины кулинарии. Часть из них обслуживает потребителей по месту работы и учебы. Предприятия общественного питания оснащены различным механическим, тепловым, подсобным оборудованием и оборудованием торговых помещений.

На предприятиях можно выделить четыре характерных вида помещений: для посетителей — вестибюли, гардеробы, обеденные залы с раздаточными, буфеты, торговые залы домовых кухонь и магазинов кулинарии; производственные — горячий, холодный, мясной, овощ-

Таблица 13.15. **Нормы освещенности, качественные показатели, рекомендуемые источники света и светильники для освещения предприятий общественного питания**

Помещения	Плоскость нормирования освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная), ее высота над полом, м	Освещенность рабочей поверхности[1], лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый ИС (тип)	Рекомендуемый тип светильника	Условия среды
Обеденные залы столовых, чайных, закусочных, буфеты	Г-0,8	200	75	60	15	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ), ЛН или комбинация ЛЛ и ЛН	См. табл. 13.16	Нормальные
Обеденные залы ресторанов, кафе, баров[3]:								
столы для посетителей	Г-0,8	100—300	75	60	15	ЛЛ (ЛБ, ЛЕ), ЛН или комбинация ЛЛ и ЛН	То же	»
проходы между столами	Пол	Не менее 30 при любых источниках света	—	60	15	То же	» »	»
танцевальные площадки	»	100—400	75	60	15	» »		»
эстрада и другие места выступления артистов[4]	В-1,75	300 при любых источниках света	—	—	—	ЛН, ГЛВД	См. табл. 13.17	»
Раздаточные[5]	Г-0,8	300	—	40	15	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ЛДОР, ПВЛМ, УСП, Л2010М, ЛПО (см. табл. 13.16) НСП09	»
Горячие цеха	Г-0,8	200	—	60	15	ЛЛ (ЛБА, ЛБ) ЛН	ЛДОР, ПВЛМ НСП09 и др.	Влажные, жаркие
Холодные цеха, доготовочные и заготовительные цеха	Г-0,8	200	—	60	15	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ЛДОР, ПВЛМ НСП09 и др.	Влажные
Кондитерские цеха и помещения для мучных изделий	Г-0,8	300	—	40	15	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ЛДОР, ПВЛМ НСП09 и др.	»
Моечные кухонной и столовой посуды	Г-0,8	200	—	60	20	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1 ППД и др.	Сырые
Помещение для резки хлеба	Г-0,8	200	—	60	20	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ПВЛМ НСП09 и др.	Нормальные
Моечные тары, полуфабрикатов	Г-0,8	150	—	60	20	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ПВЛМ, ПВЛП, ПВЛ1 НСП02	Сырые
Помещения для персонала	Г-0,8	150	—	60	20	ЛЛ типа ЛБ ЛН	УСП, Л2010М, ЛСО02 НПО16, НПО18	Нормальные
Загрузочные, кладовые тары	Г-0,8	75	—	—	—	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ПВЛМ НСП02, НСП09 и др.	Влажные
Кладовые продуктов в сгораемой упаковке	Пол	50	—	—	—	ЛЛ (ЛБ) ЛН	ПВЛМ НСП02, НСП09 и др.	Класса П-IIа
Кладовые овощей	»	20[2]	—	—	—	ЛН	НСП02, НСП09 и др.	Влажные
Охлаждаемые камеры	»	20[2]	—	—	—	ЛН	НСП02, НСП09 и др.	»

[1] Приведены уровни освещенности для ЛЛ. При использовании ЛН норму освещенности следует понижать на две ступени [44]. Наименьшая освещенность обеденных залов, для общего освещения которых применяется комбинация люминесцентных ламп и ламп накаливания, должна выбираться, как для люминесцентных ламп.

[2] Освещенность указана для ЛН.

[3] Для обеденных залов ресторанов, кафе, баров в связи с отсутствием в [44] дифференцированных нормативных требований приведены рекомендуемые уровни освещенности, значения которых меняются в зависимости от принятого архитектурного решения.

[4] Вертикальная освещенность эстрады и других мест выступлений артистов создается прожекторами (светильниками), установленными внутри и вне эстрады.

[5] При размещении раздаточной в обеденном зале должны применяться светильники в соответствии с данными табл. 13.16.

ной и другие цеха, моечные; складские — кладовые, охлаждаемые камеры, загрузочные; административные и бытовые — кабинеты директоров, конторы, главные кассы, душевые и т. д.

По условиям зрительной работы основные помещения соответствуют группам I и II [44] (см. § 8.2): группа I — производственные и административные помещения, предназначенные для выполнения конкретных зрительных работ при фиксированном направлении линии зрения персонала на рабочую поверхность; группа II — помещения для посетителей, а также складские помещения, в которых осуществляется различение объектов и обзор окружающего пространства.

Осветительные установки должны обеспечивать:

в помещениях группы I — различение объектов зрительной работы, достаточно благоприятную цветопередачу, безопасность труда, условия для высококачественного и производительного выполнения работы при минимальном зрительном утомлении;

в помещениях группы II (для посетителей) — вос-

Таблица 13.16. Рекомендации по освещению обеденных залов

Характерная зона	Прием освещения
	Столовые
Столы для посетителей	Общее равномерное или локализованное освещение потолочными или встраиваемыми ОП с ЛЛ, возможны варианты освещения потолочными или встраиваемыми ОП с ЛН или комбинация ОП с ЛЛ и с ЛН, применение люстр; в отдельных случаях возможно дополнительное использование элементов декоративной подсветки (световые ниши, карнизы, подсветка зелени и т. д.)
Буфеты, раздаточные в столовых самообслуживания	Локализованное освещение над буфетной стойкой и раздаточной потолочными, встраиваемыми или подвесными ОП с ЛН или ЛЛ, освещение витринных полок. Возможен вариант, когда освещение буфета и раздаточной является частью общего решения потолка зала
	Рестораны, бары, кафе
Столы для посетителей	Аналогично освещению столовых с некоторым преобладанием ОП с ЛН. Дополнительные варианты: в отдельных зонах зала — подвесные или встраиваемые ОП с ЛН, устанавливаемые над столами; ОП местного освещения на столах, напольные и настенные ОП. Возможны варианты освещения небольших кафе и баров только настенными ОП
Буфеты, барные стойки	Аналогично освещению столовых
Танцевальная площадка	Локализованное освещение люстрами индивидуального изготовления или состоящими из стандартных ОП с ЛН. Встраиваемые ЛН или потолочные ОП с ЛН

Примечание. Для освещения должны применяться серийные потолочные и встраиваемые ОП с ЛЛ, а также потолочные, подвесные, встраиваемые, настенные, напольные и настольные ОП с ЛН.

приятие архитектурного решения интерьеров, различение объектов зрительной работы;

в помещениях группы II (складские помещения) помимо требований, предъявляемых к группе I, нужна возможность обзора окружающего пространства, обеспечивающего безопасное выполнение работ.

В табл. 13.15 приведены основные требования к ОУ предприятий общественного питания. Освещение домовых кухонь и магазинов кулинарии выполняется аналогично освещению предприятий торговли (см. § 13.6).

Наибольшую сложность представляет выбор освещенности для залов ресторанов, кафе и баров, зависящий от архитектурного решения. Искусственное освещение при этом может быть общим равномерным, локализованным или комбинированным. Использование для регулирования общего освещения обеденных залов, эстрады и танцевальных площадок ступенчатого включения или темнителей света дает возможность изменять уровни освещенности, создавать различные световые эффекты.

Кроме рабочего освещения, предусматриваемого во всех помещениях предприятий общественного питания, необходимо проектировать:

устройство ЭО в основных проходных помещениях и на лестницах, служащих для эвакуации из предприятий, где работает или находится одновременно более 50 человек, в обеденных залах, в которых одновременно могут быть более 100 человек, в производственных помещениях (горячие, холодные цеха и т. п.); выходы из обеденных залов, вестибюлей и других помещений, рассчитанных на одновременное пребывание более 100 человек, а также коридоров, к которым примыкают помещения, где могут одновременно находится более 50 человек, должны иметь СУ с надписью «Выход»:

устройство АО в электрощитовых, диспетчерских, насосных с постоянным дежурным персоналом, главных кассах, дебаркадерах крупных предприятий.

В производственных помещениях целесообразно в первую очередь применять ОП с ЛЛ. Светильники с ЛН, устанавливаемые в помещениях для приготовления и раздачи пищи, должны иметь снизу защитное стекло, а ОП с ЛЛ — защитное стекло или решетки, специальные ламподержатели или патроны, конструкция которых исключает возможность выпадения ламп. Размещение ОП в цехах должно быть согласовано с размещением воздуховодов вентиляции и обеспечивать на рабочих местах нормируемую освещенность. В горячих цехах не следует размещать ОП непосредственно над тепловым оборудованием (плитами, котлами и т. п.). В кладовых продуктов в сгораемой упаковке ОП с ЛН должны иметь колпак из силикатного стекла (применять ОП с ЛЛ и отражателями или рассеивателями из горючих материалов запрещается). На рис. 13.42 приведена схема размещения светильников в цехах предприятий общественного питания.

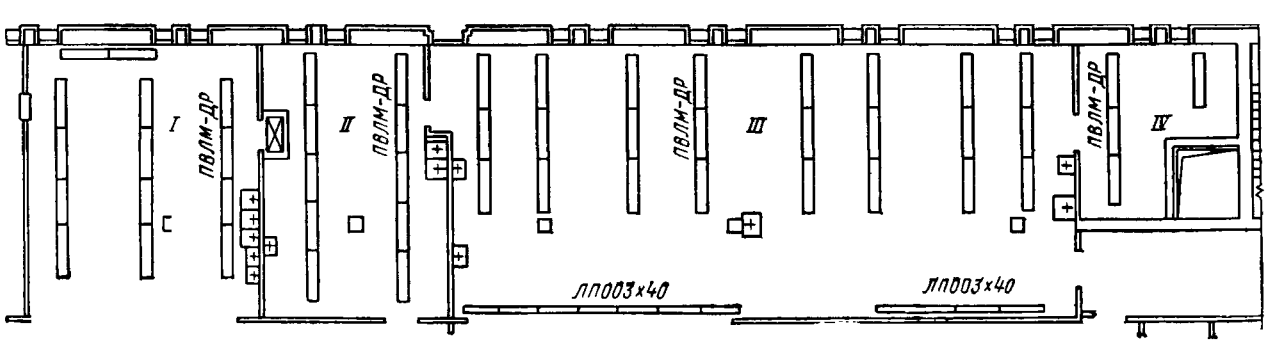


Рис. 13.42. Проект освещения цехов столовой.

I — моечная столовой посуды; *II* — холодный цех; *III* — горячий цех; *IV* — моечная кухонной посуды.

Таблица 13.17. **Рекомендации по использованию аппаратуры постановочного освещения**

Назначение	Тип	Место установки	Присоединение к сети
Выносное фронтальное и боковое освещение эстрады, других мест выступлений исполнителей, танцевальные площадки	Театральные прожекторы типов ПР-05-115м, ПР-05-150м, ПР-300м, ПрТЛ-0.5, ПрТЛ-1; специальные театральные светильники	Стационарно на стенах зала, возможны варианты временной установки на штативах	Через розетки
Верхнее выносное освещение эстрады	Театральные прожекторы, рампы типа УСРП-4з, театральные светильники типов СВТГ-0.5 и СВТГ-1, светильники общего освещения обеденного зала или специально предусмотренные	В зале, в зоне, прилегающей к эстраде	То же
Верхнее освещение внутри эстрады	Светильники общего освещения; в крупных ресторанах в качестве дополнения театральные прожекторы типов ПР-05-115М, ПР-05-150М, ПР-300м, ПрТЛ-0.5, ПрТЛ-1 или театральные светильники типов СВТГ-0,5 и СВТГ-1	В потолке или в зоне потолка эстрады	Светильники через ответвительные коробки, остальные ОП через розетки
Нижнее освещение внутри эстрады (в крупных ресторанах)	Рампа типа РСП-4к	На эстраде	Прямое
Создание световых эффектов при выступлениях исполнителей (в крупных ресторанах с варьете)	Бесконтактный переключатель световых программ «АИСТ-26»	Осветительные приборы на эстраде, в зале; переключатель — в отдельном помещении	»
Плавное изменение освещенности общего освещения в зале (в крупных ресторанах)	Темнители света типа ТСТ, регуляторы типа РО-6-1	В отдельном помещении	—

Примечание. Номенклатура и характеристики театральных СП приведены в § 13.18.

Общие рекомендации по освещению обеденных залов приведены в табл. 13.16.

В ресторанах, барах и кафе, в которых выступают вокально-инструментальные ансамбли и предусматриваются танцевальные площадки, осуществляется постановочное освещение. Необходимость применения этого вида освещения, а также темнителей света должна указываться в заданиі на проектирование. Основные рекомендации сводятся к следующему. В небольших и средних предприятиях освещение может быть нерегулируемым с управлением с эстрады; в крупных ресторанах, барах и кафе целесообразно применять темнители света типа ТСТ или малогабаритные регуляторы света типа РО-6-1 с установкой пульта управления (вместе с регулятором) непосредственно в зале, на эстраде или в отдельном помещении, из которого визуально обозреваются зал и эстрада. Рекомендации по использованию аппаратуры постановочного освещения приведены в табл. 13.17. Размещение аппаратуры должно согласовываться с решением интерьера зала (об освещении сцен и специальных театральных световых приборах см. также в § 13.8).

На рис. П.12 показаны приемы освещения некоторых предприятий общественного питания. Интересно решен интерьер вестибюля ресторана-столовой (рис. П.11, *е*), в потолке которого смонтированы встраиваемые ОП с ЛН, а декоративная подсветка стен и потолка осуществлена скрытыми от глаз посетителей одноламповыми светильниками с ЛЛ. Для общего освещения зала ресторана (рис. П.12, *а*) предусмотрены световые ниши отраженного света с одноламповыми ОП с ЛЛ; в части зала, отделенной от общего объема барьером, установлены подвесные ОП локализованного освещения с ЛН. На рис. П.12, *б* показан пример освещения танцевальной площадки зала ресторана. Над площадкой расположена большая хрустальная люстра с ЛН, в остальной части этого зала применены встраиваемые в подвесной потолок ОП с ЛН. В столовой (рис. П.12, *в*), в которой стены выполнены из деревянных панелей светло-коричневого цвета и установлена мягкая мебель, освещение осуществляется люстрами, собранными из анодированных ОП с ЛН, дополнительные ОП локализованного освещения создают приятную обстановку. Иллюстрация, приведенная на рис. П.12, *г* является хорошим примером удачного решения интерьера зала ресторана, когда ОП и люстра с ЛН вписываются в элементы рельефного потолка и становятся его неотъемлемой частью. Интенсивное освещение в центральной части бара (рис. П.12, *д*) ОП с ЛН, рассеиватели которых выполнены из цветного органического стекла в сочетании с потолочными ОП прямого света, обеспечивает также необходимую освещенность на рабочем месте. Для общего освещения кафе (рис. П.12, *е*) применены подвесные ОП с ЛН и ЛЛ, смонтированные за подвесным реечным потолком.

Электрические нагрузки. Управление освещением. Электроприемники предприятий общественного питания имеют следующие категории надежности электроснабжения:

электроустановки в целом предприятий с числом мест более 100 — вторая категория;

электроустановки в целом предприятий с числом мест 100 и менее, а также домовых кухонь и магазинов кулинарии — третья категория.

Коэффициент спроса для расчета групповой сети рабочего и АЭО, а также рекламы и освещения витрин следует принимать равным 1,0, в питающей сети рабочего освещения и на вводе в здание — по табл. 13.18.

Годовое число часов использования максимума ОУ предприятия общественного питания ориентировочно

Таблица 13.18. **Коэффициенты спроса для расчета нагрузки РО в питающей сети и на вводах для предприятий общественного питания**

Установленная мощность, кВт	Коэффициент спроса	Установленная мощность, кВт	Коэффициент спроса
Менее 5	1,0	От 50 до 100	0,7
От 5 до 10	0,9	От 100 до 200	0,65
От 10 до 15	0,85	От 200 до 500	0,6
От 15 до 25	0,8	Более 500	0,5
От 25 до 50	0,75		

Таблица 13.19. **Управление освещением**

Наименование помещения	Способ управления помещением	Дополнительные требования
Вестибюли, лестничные клетки	В крупных предприятиях — централизованное с центрального диспетчерского пульта; в остальных предприятиях — централизованное из зоны с постоянным обслуживающим персоналом	
Витрина и реклама	Автоматическое по программе	Для обеспечения нормальной эксплуатации рекламы необходимо предусматривать также управление с улицы
Залы ресторанов, кафе, баров*	Централизованное с пульта управления постановочным освещением	
То же, а также залы столовых, закусочных и т. п.*	При отсутствии пульта — централизованное из зоны, удобной для персонала	При нерегулируемом освещении предусматривать 2—3 ступени включения
Производственные, административно-бытовые	Местное	Не допускается установка выключателей внутри помещений горячих цехов, кладовых, душевых, преддушевых, уборных
Склады и кладовые	Местное для каждого помещения, но с централизованным отключением по окончании работы	Выключатели местного управления освещением должны быть расположены вне помещения на несгораемых конструкциях и заключены в коробки (шкафы) или ниши с приспособлением для опломбирования

* Аппараты управления освещением должны быть недоступны для посетителей.

принимается равным 1100 при односменной работе и 2250 при двухсменной.

Усредненная удельная расчетная электрическая нагрузка ОУ составляет 0,1—0,2 кВт на одно место для столовых, чайных, закусочных, баров, кафе, буфетов и 0,2—0,3 кВт на одно место для ресторанов.

Рабочее освещение и АЭО витрин, рекламу предприятий общественного питания следует питать отдельными линиями от ГРЩ здания.

Групповые щитки освещения размещают в центре нагрузок в удобном для эксплуатации месте. Не допускается установка щитков в цехах пищеблоков. В обеденных залах возможен, как исключение, монтаж групповых щитков в декоративных шкафах. Целесообразно эти щитки и силовые распределительные щиты монтировать в небольших отдельных помещениях.

Для дежурного освещения вестибюлей, коридоров, обеденных залов следует, как правило, выделять часть ОП рабочего освещения с питанием их от отдельной групповой линии или использовать ОП ЭО.

В предприятиях общественного питания питающие осветительные сети, их стояки и групповую сеть освещения, как правило, следует выполнять скрытыми и смеияемыми. Скрытую несменяемую проводку для групповой сети освещения можно предусматривать только в небольших предприятиях общественного питания. Открытая проводка рекомендуется в помещениях моечных, загрузочных, кладовых, в охлаждаемых камерах и других аналогичных помещениях.

Управление рабочим и АЭО целесообразно выполнять в соответствии с данными табл. 13.19.

13.8. ЗРЕЛИЩНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Виды помещений в зрелищных сооружениях. К зрелищным сооружениям относятся театры, цирки, кинотеатры, концертные залы, клубы. Для всех них характерно наличие зрительного зала и сцены или эстрады. В соответствии с этим все помещения в зрительных сооружениях разделяются на две части: зрительную и сценическую.

К зрительной части относятся помещения, посещаемые зрителями до и во время проведения представления (зрительный зал, фойе, вестибюли, гардеробы, буфеты, кулуары).

К сценической части относятся сцена или эстрада, вспомогательные и технические помещения, используемые для подготовки и проведения представления исполнителями и обслуживающим персоналом.

Освещение зрительной части осуществляется в соответствии с творческими установками архитектора — автора здания и представляет собой, таким образом, одну из разновидностей архитектурного освещения интерьеров. Эти вопросы рассмотрены в разд. 14.

К вспомогательным относятся технические помещения, где проводится подготовка к представлению (артистические уборные, гримерные, костюмерные, осветительный цех, мебельные, реквизиторские и т. п.), а также складские помещения для хранения материальной части представления (склады декораций, мебели, бутафории, реквизита, костюмов и т. п.). Вторая группа технических помещений служит для производства и изготовления материальной части представления (столярный, слесарный цеха, мебельные, бутафорские, пошивочные, макетные и другие мастерские), а также включает в себя административные помещения (бухгалтерию, репертуарную часть и др.). В большинстве зрелищных сооружений (театрах, цирках) технические помещения выделяются в отдельный производственный корпус.

Во вспомогательных помещениях осуществляется зрительная работа той или иной сложности: точные работы (пошивочная, макетная, постижерская мастерские) и грубые (склады различного назначения). Осветительные установки в этих помещениях должны обеспечивать качественное выполнение работы и по своим требованиям могут быть отнесены к ОУ промышленного освещения. Нормирование, проектирование и эксплуатация их должны выполняться в соответствии с общими положениями по освещению административных и промышленных зданий (§ 13.2 и разд. 12). Спецификой является лишь выбор ИС по спектральному составу. Так как продукция, производимая во вспомогательных и технических помещениях, предназначена для сцены, то в помещениях, связанных с окраской изделий, необходимо согласовывать спектральный состав со спектром сценического освещения. В таких помещениях, как артистические уборные, постижерная и живописные мастерские, необходимо применять ЛН. Выбор ИС, расположение рабочей поверхности, нормируемые значения горизонтальной, вертикальной и цилиндрической осве-

Таблица 13.20. **Нормируемые освещенности и качественные показатели осветительных установок для помещений зрелищных зданий при системе общего освещения**

Наименование помещения	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г- горизонтальная, В-вертикальная), ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы [44]	Горизонтальная или вертикальная освещенность[1], лк, при лампах		Цилиндрическая освещенность, лк, не менее[2]	Коэффициент запаса при лампах		Показатель дискомфорта[3], не более	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более
			ЛЛ	ЛН		ЛЛ	ЛН			
Помещения для зрителей										
Зрительные залы театров, цирков, концертных залов, дворцов культуры	Г-0,8	—	(300)	150	100	1,5	1,3	60	—	—
Зрительные залы клубов и домов культуры	Г-0,8	—	(200)	100	100	1,5	1,3	60	—	—
Зрительные залы кинотеатров свыше 800 мест	Г-0,8	—	(100)	50	—	1,5	1,3	60	—	—
Зрительные залы кинотеатров до 800 мест	Г-0,8	—	(75)	30	—	1,5	1,3	60	—	—
Фойе, кулуары, холлы и парадные лестницы театров, цирков, концертных залов, дворцов культуры и кинотеатров свыше 800 мест	Г-0	—	200	100	100	1,5	1,3	60	—	—
Фойе, кулуары и холлы, парадные лестницы клубов, домов культуры и кинотеатров до 800 мест	Г-0	—	150	75	75	1,5	1,3	60	—	—
Буфеты:										
на прилавке и столах	Г-0,8	X	200	100	75	1,5	1,3	60	—	—
в проходах	Г-0,8	X	100	50	—	1,5	1,3	60	—	—
Вестибюли и гардеробы театров, цирков, концертных залов, дворцов культуры и кинотеатров	Г-0	—	150	75	75	1,5	1,3	60	—	—
Вестибюли и гардеробы клубов и домов культуры	Г-0	—	100	50	—	1,5	1,3	60	—	—
Курительные и санитарные узлы в зданиях с залом 600 мест и более	Г-0	XIIа	100	50	—	1,5	1,3	—	—	—
Санитарные узлы в зданиях с залом 600 мест	Г-0	XIIIа	75	30	—	1,5	1,3	—	—	—
Производственные и служебные помещения										
Кассы[1,4]	Г-0,8	—	200	(100)	—	1,5	1,3	—	—	10
Заготовочные, заготовочные, моечные кафе и буфетов	Г-0,8	—	200	(100)	—	1,5	1,3	40	—	15
Артистические, гримерные[4]:										
на лице у зеркала	В-1,0	—	—	100	—	—	—	—	—	—
общее освещение	Г-0	XI	(150)	75	—	1,5	1,3	40	—	15
Комната ожидания выхода на сцену	Г-0	XI	—	75	—	—	1,3	60	—	—
Сцена, арьерсцена, карманы (рабочее освещение)	Г-0	VIIIа	—	30	—	—	1,5	—	—	—
Трюм	Г-0	VIIIб	—	20	—	—	1,5	—	—	—
Рабочие галереи и колосниковый настил	Г-0	VIIIв+1	—	10	—	—	1,5	—	—	—
Репетиционные залы	Г-0,8	Vб	(200)	100	—	1,5	1,3	40	—	15
Живописно-декорационные залы	Г-0	IIIв	—	200	—	1,5	1,3	40	—	10
Клееварка	Г-0,8	VI	100	50	—	1,8	1,5	—	40	20
Помещение приготовления красок	Г-0,8	Va	200	(150)	—	1,8	1,5	—	40	20
Мастерские										
трафаретных работ	Г-0,8	IIIг	—	150	—	1,8	1,5	40	—	10
слесарные	Г-0,8	IIIб	300	(200)	—	1,5	1,3	40	—	15
столярные	Г-0,8	IIIв	300	(200)	—	1,5	1,3	40	—	15
монтажа объемных декораций	Г-0	Vб	150	(100)	—	1,5	1,3	—	40	20
пошивочные, обувные, обойно-драпировочные	Г-0,8	IIIв	300	(200)	—	1,5	1,3	40	—	10
пастижерские[1]	Г-0,8	Iг	400	(300)	—	1,5	1,3	40	—	10
бутафорские	Г-0	IIIг	200	150	—	1,5	1,3	—	40	10
электроремонтные	Г-0,8	IIIб	300	(200)	—	1,5	1,3	—	40	15
постирочные	Г-0	—	150	75	—	1,5	1,3	40	—	20
красильные	Г-0,8	Va	200	(150)	—	1,8	1,5	—	40	20
пропиточные	Г-0,8	VI	100	50	—	1,5	1,3	—	—	20
сушильные	Г-0,8	XIIIб	—	20	—	—	1,3	—	—	—
гладильные	Г-0,8	IIIв	300	(200)	—	1,5	1,3	40	—	20
Костюмерные:										
рабочая зона	Г-0,8	IIIв	300	(200)	—	1,5	1,3	40	—	20
над вешалками	Г-0	VI	100	(50)	—	1,5	1,3	—	—	—
Помещения для животных	Г-0,8	—	—	50	—	—	1,3	—	40	—
Помещения главного распределительного щита	Г-0,8	IVг	150	(100)	—	1,5	1,3	—	40	20
Главные распределительные щиты, щитовые тиристорные, дроссельные, регуляторные, диспетчерские	В-1,5 (на фасадах щитов)	IVг+1	200	(150)	—	1,5	1,3	—	40	20
Кинопроекционные, светопроекционные[4], рирпроекционные[4], перемоточные	Г-0,8	—	(150)	75	—	1,5	1,3	40	—	20
Осветительные ложи	Г-0,8	VI	—	50	—	—	1,3	—	—	—
Машинные залы	Г-0,8	IVг+1	200	(150)	—	1,5	1,3	—	40	20
Помещения лебедок	Г-0	VI	—	50	—	—	1,3	—	—	—
Звукоаппаратные[4]	Г-0,8	IVв	—	100	—	1,5	1,3	40	—	20
Дикторские, речевые	Г-0,8	IVв	—	100	—	—	1,3	40	—	—
Помещения телеполустационара	Г-0,8	—	150	(75)	—	1,5	1,3	—	—	—
АТС, электрочасовые[4]	Г-0,8	IIIг	200	(150)	—	1,5	1,3	—	—	15

Продолжение табл. 13.20

Наименование помещения	Плоскость, для которой нормируется освещенность (Г-горизонтальная, В-вертикальная), ее высота от пола, м	Разряд зрительной работы по [44]	Горизонтальная или вертикальная освещенность[1], лк, при лампах		Цилиндрическая освещенность, лк, не менее[2]	Коэффициент запаса при лампах		Показатель дискомфорта[3], не более	Показатель ослепленности, не более	Коэффициент пульсации, %, не более
			ЛЛ	ЛН		ЛЛ	ЛН			
Электросиловые; помещения устройств охлаждения кинопроекторов	Г-0,8	IVг	150	(100)	—	1,5	1,3	—	40	20
Комнаты эхо (акустические)	Г-0	—	—	50	—	1,5	1,3	—	—	—
Склады костюмов, гардеробные	Г-0	VI	—	50	—	—	1,5	—	—	—
Склад скатанных декораций (сейф)	В-1,0	—	—	30	—	—	1,5	—	—	—
Склады объемных декораций, бутафории, мебели и реквизита и пр.	Г-0	—	—	30	—	—	1,5	—	—	—
Технический этаж (над ходовыми мостиками)	Г-0	VIIIб	—	20	—	—	1,5	—	—	—
Техподполье	Г-0	VIIIв +1	—	10	—	—	1,5	—	—	—

[1] В скобках указана освещенность от того типа источников света, который для данных помещений менее желателен. Отсутствие значения освещенности указывает на нежелательность использования данного источника света.

[2] Цилиндрическая освещенность нормируется в тех случаях, когда по условиям архитектурного оформления необходимо обеспечить впечатление насыщенности помещения светом.

[3] Цилиндрическая освещенность и показатель дискомфорта определяются у торцевой стены по центральной продольной оси на уровне 1,5 м от пола.

[4] Требуется дополнительное местное освещение.

щенностей, показателя дискомфорта (ослепленности) регламентированы «Отраслевыми нормами освещенности помещений зрелищных зданий» (табл. 13.20).

Освещение сцены. Освещение сцены, эстрады, манежа осуществляется специальными ОП, расположенными на сцене и в зрительном зале. Наиболее разветвленная и гибкая в управлении ОУ используется для освещения театральной сцены и манежа. Освещение эстрады дворца культуры, клуба, кинокоцертного зала основывается на тех же принципах, выполняется в меньшем объеме и с меньшими возможностями регулировки освещения.

Освещение сцены осуществляется с помощью приборов стационарного и переносного освещения (рис. 13.43). К стационарным относятся приборы, размещенные на специальных металлических фермах или конструкциях, неподвижных или же имеющих возможность перемещаться в направлениях, предусмотренных конструкцией стационарного механического оборудования сцены. Переносные приборы устанавливаются на переносных штативах, служат для освещения данного представления и размещаются на сцене только для его проведения. Стационарное сценическое освещение осуществляется с помощью групп ОП, размещенных на сцене и за ее пределами и создающих в соответствии с местом размещения верхнее, боковое, портальное и выносное освещение (рис. 13.43).

Верхнее освещение создается ОП, смонтированными на софитных металлических фермах, перемещающихся в вертикальной плоскости с помощью электролебедок, или на неподвижных мостиках. Основное назначение верхнего освещения — создание необходимого уровня освещенности на вертикальных экранах или живописных занавесах и декорациях, включая и цилиндрическую поверхность заднего фона — «горизонта», а также высвечивание объемных и плоских декораций, размещенных по всей глубине сцены, исключая передние планы и авансцену. Осветительные приборы верхнего освещения должны создавать равномерную освещенность по вертикали и горизонтали в пределах плоскости освещаемого занавеса или горизонта. Так как расстояние от софита до освещаемого занавеса в 3—4 раза меньше высоты занавеса, то создание равномерной по вертикали освещенности возможно лишь с помощью приборов, концентрирующих световой поток в направлении нижней части занавеса. Для возможности использования цветного освещения приборы на софитах снабжаются цветными светофильтрами или цветными ИС, позволяющими за счет оптического смешения получать широкую гамму цветовых оттенков. Для оптического смешения цветов необходимо, чтобы приборы со светофильтрами одного цвета создавали равномерную освещенность по горизонтали. Регулирование освещением осуществляется изменением светового потока у групп приборов с одинаковыми светофильтрами. Для освещения объемных декораций используются приборы прожекторного типа с индивидуальной регулировкой светового потока, направления осевой силы света и угла рассеяния.

Боковое освещение осуществляется ОП, установленными на нижних боковых галереях или под ними на фермах или каретках, могущих перемещаться в глубину сцены. Приборы бокового освещения используются для освещения объемных декораций и игровых мест на средних по глубине планах сцены. Так как освещение сцены сбоку возможно через узкие просветы между кулисами или декорациями, то в качестве приборов бокового освещения применяются приборы прожекторного типа с углом рассеяния не более 20—25° и индивидуальной регулировкой светового потока.

Портальное освещение создается ОП, размещенными на фермах подвижных порталов, а в некоторых театрах также и под архитектурным порталом. Основное назначение приборов портального освещения — создать требуемый уровень вертикальной освещенности на первых планах сцены в зоне основной игровой площадки и высветить актеров. Локальное высвечивание отдельных актеров и мизансцен требует применения приборов прожекторного типа с регулируемым углом рассеяния и светового потока.

Выносное освещение служит для создания вертикальной освещенности на авансцене и первых планах сцены и высвечивания актеров. Оно осуществляется группами ОП, вынесенных за пределы сценического пространства в зрительный зал, и подразделяется в соответствии с местами установки приборов на верхнее, боковое и рампу. Приборы выносного освещения должны посылать световой поток лишь в пределах сцены и авансцены, не засвечивая зрительного зала.

Верхнее выносное освещение осуществляется группой приборов прожекторного типа, размещенных вне

поля зрения зрителей за уступом потолка зрительного зала в техническом помещении, позволяющем вести обслуживание приборов. Для обеспечения распределения теней на лицах актеров, близкого к естественному, углы падения светового потока на планшет сцены у края авансцены должны лежать в пределах 30—40°.

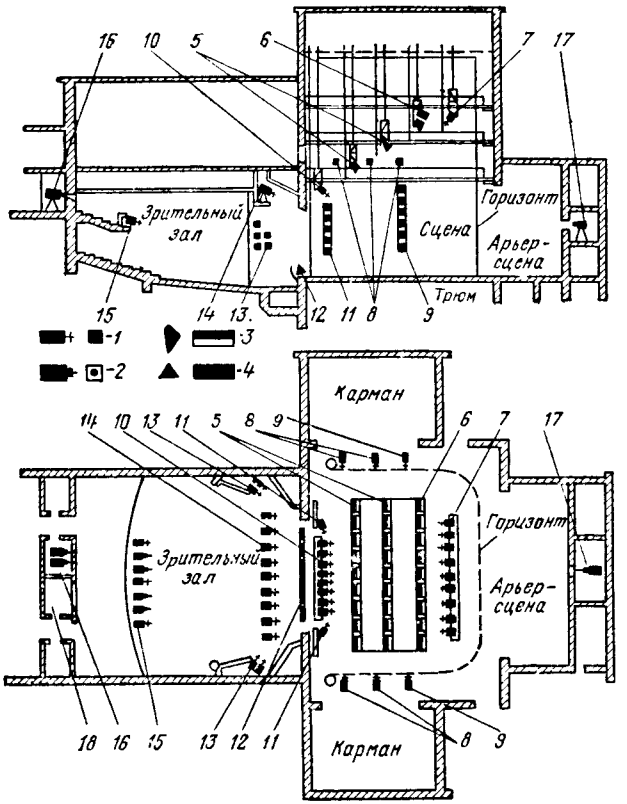


Рис. 13.43. Схема размещения осветительных приборов на сцене и в зрительном зале театра.

1 — прожектор; *2* — проекционный аппарат; *3* — софит; *4* — рампа; *5* — софитная ферма с софитами; *6* — горизонтный софит; *7* — софит контражурного освещения; *8* — приборы бокового освещения на галерее; *9* — приборы бокового освещения на передвижной ферме; *10* — приборы портального освещения, размещенные на первой софитной ферме; *11* — приборы бокового освещения на фермах портальных кулис; *12* — рампа; *13* — прожекторы бокового выносного освещения; *14, 15* — проекционные и прожекторные приборы верхнего и фронтального выносного освещения; *16* — светопроекционная; *17* — рирпроекционная; *18* — регуляторная.

Боковое выносное освещение создается приборами, размещенными по бокам зрительного зала скрыто от зрителей за уступами стен в специальных помещениях, обеспечивающих доступ к приборам и их обслуживанию во время проведения спектакля. В залах ярусного типа за неимением других возможностей для размещения ОП используются боковые ложи. Приборы бокового освещения не должны размещаться ниже уровня, находящегося на высоте 3,5 м от пола зрительного зала.

Засветка зрительного зала будет исключена, если в качестве приборов верхнего и бокового выносного освещения будут использованы прожекторы с усложненной оптической системой, позволяющей ограничивать распространение светового потока в пространстве с помощью специальных диафрагм. При отсутствии таких приборов устанавливают однолинзовые прожекторы со шлифованными линзами и цилиндрическими тубусами на выходных отверстиях приборов. При компоновке электрической сети следует предусматривать возможность индивидуальной регулировки светового потока каждого прибора выносного освещения.

Рампа состоит из ряда ОП, размещенных по краю сцены, и используется для фронтального освещения актеров на первом плане и авансцене. Назначение рампы — снижение контраста теней, возникающих при освещении лиц актеров приборами верхнего и бокового выносного освещения. Верхний край защитного кожуха рампы не должен возвышаться над уровнем пола первого ряда зрителей более чем на 1,1 м.

Нормирование освещения сцены. На сцене нормируется минимальная освещенность в вертикальной плоскости, параллельной порталу сцены. Согласно гл. VII-2 ПУЭ-76 регламентирована вертикальная освещенность 300 лк по всей глубине сцены, создаваемая на высоте 1,75 м приборами одной из регулируемых групп верхнего и выносного освещения без учета поглощения света цветными светофильтрами («в белом свете») при коэффициенте запаса 1,3. Вертикальная освещенность на горизонте, создаваемая приборами верхнего освещения, снабженными синими и голубыми светофильтрами, с учетом пропускания этих светофильтров обычно принимается равной 100 лк.

Высота установки софитов, создающая нормированные освещенности, определяется в первом случае исходя из технологической схемы размещения кулис, падуг и софитов при освещении экрана или задника, высота которого равна половине высоты от планшета до штанкета в его верхнем положении. Экран или задник подвешен к штанкетам на последнем плане сцены. Во втором случае высота подвеса софитов определяется из технологической схемы размещения падуг при использовании в качестве фона горизонта.

Уровень вертикальной освещенности первых планов сцены может быть ориентировочно определен по нормам [44] для условий наблюдения, характеризуемых наибольшим удалением зрителя от авансцены (15—20 м) и минимальным размером объектов различения (черт лица актера), равным 1 см. При этих размерах точность зрительной работы соответствует разряду II. Для подразряда IIв нормированный уровень освещенности составляет 500 лк.

Системы цветного освещения на сцене. В постановочном освещении сцены и на эстраде широко применяется цвет. Цветное освещение получается за счет применения светофильтров требуемого цвета, перекрывающих выходное отверстие прожекторов, или же за счет оптического смешения разноцветных излучений от групп ОП. Верхнее освещение и рампа позволяют воспроизвести требуемый цвет на основе оптического сложения нескольких цветных излучений. Портальное и выносное освещение требует набора цветных светофильтров необходимых цветов. Использование здесь принципа оптического смешения двух или нескольких цветов, сильно отличающихся по цветности, не рекомендуется из-за появления цветных теней при освещении объемных декораций и актеров. Выбор основных цветов для софитов и рампы обусловливается требованием получения наибольшего цветового охвата оптическими смесями необходимого диапазона цветов для каждого вида освещения. Так как софиты должны воспроизводить на экранах и задниках цвет неба в различное время суток и при разных метеоусловиях, то суммарная мощность ОП, создающих голубое и синее освещение, здесь предусматривается большей, чем для других основных цветов. Так как рампа служит в первую очередь для выравнивания теней на лицах актеров, то разнообразные оттенки розового, пурпурного и желто-розового освещения здесь предпочтительны. Исходя из этих требований в рампе предусматривают че-

Таблица 13.21. **Марки светофильтров и их коэффициенты пропускания (толщина стекла 2 мм)**

Цвет светофильтра	Марка светофильтра	Коэффициент пропускания	Цвет светофильтра	Марка светофильтра	Коэффициент пропускания
Красный	КС-3	0,10	Голубовато-зеленый	СЗС-3	0,12
Оранжевый	ОС-4	0,37	Голубой	СС-2	0,23
Желтый	ЖС-8	0,83	Синий	СС-3	0,02
Зеленый	ЗС-3	0,20			

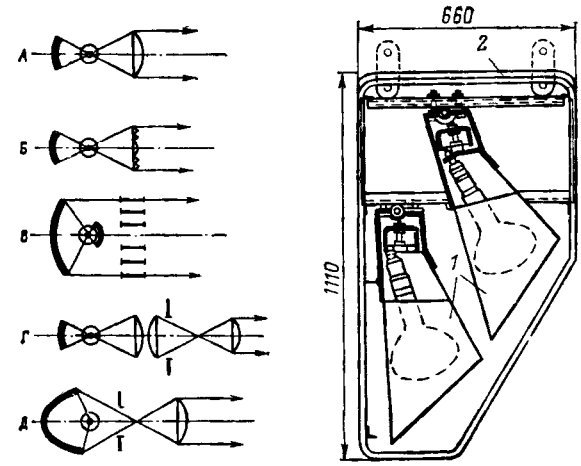


Рис. 13.44. Оптические схемы театральных прожекторов.

А — одиолинзовая система со шлифованной линзой и контротражателем; *Б* — то же со ступенчатой линзой; *В* — система с параболоидным отражателем, контротражателем и отсекателем света; *Г* — система с конденсором, контротражателем и линзой-объективом, в фокусе которой установлена диафрагма; *Д* — система с эллипсоидным осветлителем, линзой-объективом и диафрагмой.

Рис. 13.45. Софитная ферма на 24 камерных софита типа КСЗ-4м.

1 — четырехкамерные светильники типа КСЗ-4м; *2* — софитная ферма.

тыре регулируемые группы ОП, из которых в трех устанавливаются красные, синие и желтые светофильтры, а одна группа используется без светофильтров. В софитах при четырех регулируемых группах в качестве основных цветов целесообразно использовать синий, зеленый, голубой и оранжевый. В горизонтном софите мощность регулируемых цветовых групп делается неодинаковой, а число их берется больше (6—8). Основными цветами являются синий, голубой, зеленовато-голубой, зеленый, желтый, красный. Число ОП, образующих каждый цвет, различно и обратно пропорционально коэффициенту пропускания установленных светофильтров (табл. 13.21). Исключение составляют лишь группы ОП с красными и темно-синими светофильтрами, число которых уменьшено в 2—3 раза.

Сценические ОП. Для освещения сцены применяются ОП широкого светораспределения, прожекторы и проекционные приборы. Светильники, к числу которых относятся несколько модификаций приборов с диффузными и направленно-рассеивающими отражателями, а также ОП с зеркальными лампами, применяются для освещения плоских экранов — задников, живописных декораций и занавесов. Все остальные задачи сценического освещения решаются с применением приборов прожекторного типа. Проекционные приборы используются помимо своего прямого назначения (создания статического проекционного изображения на экране) для различного рода сценических эффектов, в том числе динамических.

Все приборы для освещения сцены позволяют устанавливать перед выходным отверстием рамку для светофильтров и защитную металлическую сетку, для чего предусмотрены соответствующие пазы. Основные данные сценических ОП и прожекторов приведены в табл. 13.22 и 13.23. В сценической осветительной технике широкое распространение получили приборы прожекторного типа — однолинзовые, с параболическим отражателем и усложненной оптической системой. Оптические схемы приведены на рис. 13.44. Все прожекторы, используемые в театре, имеют устройство для регулирования угла рассеяния светового пучка. В однолинзовых прожекторах и приборах с параболоидными отражателями это достигается с помощью расфокусирующего устройства, в приборах с усложненной оптикой — с помощью различного вида диафрагм и объективов с переменным фокусным расстоянием. В однолинзовых прожекторах расфокусировка осуществляется за счет плавного перемещения каретки с ИС по направлению к оптическому элементу, что приводит к увеличению угла охвата и КПД прибора при одновременном снижении осевой силы света. Для линзовых прожекторов такая расфокусировка позволяет изменять угол рассеяния в 3—5 раз. Для прожекторов с параболоидными отражателями этот диапазон уже, так как при больших углах охвата при расфокусировке резко ухудшается равномерность освещенности в пределах освещаемого участка. В приборах с усложненной оптической системой используется схема проекционных приборов с осветителем конденсорного типа (ПР-300М) или же с эллипсоидным отражателем (ПЭ-1-24 и ПКП-1-250М). В плоскости кадрового окна устанавливается диафрагма (ирисовая или другого типа), позволяющая изменить угол рассеяния пучка при неизменной освещенности экрана. Применение объективов с переменным фокусным расстоянием позволяет уменьшать угол рассеяния с одновременным увеличением освещенности (ПКП-1-250М).

Для возможности управления прибором, установленным в недоступном во время проведения спектакля месте, предусмотрены модификации прожекторов с дистанционным управлением. Прожектор (ПрТЛ-У) снабжен электроприводом, позволяющим дистанционно наклонять и поворачивать его вокруг вертикальной оси. Предусмотрено также не только дистанционное управление поворотом прожектора в двух направлениях, но и фокусировка ИС. Дистанционная смена светофильтров может в этом случае осуществляться с помощью устройства смены светофильтров типа КУСС-4м, рассчитанного на четыре пленочных фильтра.

Для возможности применения люминесцирующих красок на сценах используют стационарно установленные облучательные приборы, создающие необходимый уровень УФ облучения. К числу приборов с широким пучком относятся приборы с параболоцилиндрическими отражателями типов СвТУ-0,375 и СвТУ-1,0, узкий пучок имеют прожекторы типа ПУФ-500 и его модификация для подвеса на софитных фермах — ПУФ-В-500. Данные этих приборов приведены в табл. 13.24.

Размещение световых приборов. На софитных фермах, представляющих собой сварные конструкции из водогазопроводных труб и угловой стали (рис. 13.45), начиная со второго плана, монтируются софитные светильники типов КСЗ-4м, КС-4, КС-3 или РСП-4к (рис. 13.43). Эти светильники крепятся с помощью хомутов к продольным трубам фермы. Для сцен театров и клубов, залы которых рассчитаны на 600 и более зрителей,

Таблица 13.22. **Технические данные театральных светильников**

Световой прибор	Тип	Тип ИС	Мощность, кВт, количество	Максимальная сила света, кд	Габаритные размеры (ширина, глубина, высота), мм	Масса, кг
Трехкамерный софит	КС-3	Б127-100, Г127-200, Б220-100, Г220-200	0,1×3; 0,2×3	600**	560×190×315	6
Четырехкамерный софит	КС-4	Г127-200, Г127-300, Г220-200, Г220-300*	0,2×4; 0,3×4	900**	890×270×540	11
Универсальный четырехкамерный светильник	РСП-4К	БК127-100, БК220-100*	0,1×4	420**	590×190×180	3
Универсальный четырехкамерный светильник	УСРП-4-3	НЗК127-300, НЗК220-300*	0,3×4	2000**	920×220×350	10
Четырехкамерный софит	КСЗ-4М	ЗК127-500, ЗК220-500*	0,5×4	4250**	1008×255×525	16,5
Четырехкамерный софит для люминесцентных ламп	ЛС-40	ЛД40, ЛБ40, цветные	0,04×4	1600	450×212×1280	20,0
Светильники театральные	СвТГ-0,5; СвТГ-1 и СвТГ-2	КГ220-500; КГ220-1000-5* и КГ220-2000-4	0,5; 1,0 и 2,0	12 000	354×130×370	4
Нижний подсвет	НП-2	ПЖ110-500, ПЖ220-500	0,5	4500	360×210×410	3,5
Горизонтный фонарь	ЗС-1	НЗК127-1000, НЗК220-1000*	1,0	2000	353×483×285	7,5
Светильник	ЗГ-0,5	НЗК127-500, НЗК220-500	0,5	9000, 5000	210×310×380	3,5
Светильник	СИ-1	КГ220-1000-3	1,0	10 000	365×152×310	3,5

* Максимальная сила света указана для данного источника света.
** Максимальная сила света указана для одной камеры многокамерного светового прибора.

Таблица 13.23. **Технические данные театральных прожекторов**

Тип прожектора	Оптическая схема по рис. 13.76	Тип источника света	Мощность, кВт	Максимальная сила света, ккд	Габаритные размеры (ширина, глубина, высота), мм	Масса, кг
ПР-0,25 100	А	ПЖ81	0,25	40	215×270×250	3,5
ПР-0,5-150м	Б	ПЖ110-500, ПЖ220-500*	0,5	35	230×350×350	6
ПР-0,5-115м	А	ПЖ110-500, ПЖ220-500*	0,5	35	230×350×350	6
ПРУ-1-212м	Б	ПЖ110-1000-2*, ПЖ220-1000-2	1,0	100	370×560×450	12,8
ПРУ-1-150	А	ПЖ110-1000-2*, ПЖ220-1000-2	1,0	116	370×560×450	12,8
ПР-3-250	Б	КПЖ110-3000*, КПЖ220-3000	3,0	256	465×580×600	17
ПрТЛ-0,25	А	ПЖ81	0,25	50	200×305×295	3,5
ПрТЛ-0,5	А	КГМ220-500	0,5	135	260×340×390	6
ПрТЛ-0,5ст	Б	КГМ127-500	0,5	78	260×340×390	6
ПрТЛ-1	А	КПЖ220-1000	1,0	340	360×465×555	16
ПрТЛ-2	А	КПЖ220-2000	2,0	400	450×537×654	20
ПрТЛ-3	А	КПЖ220-3000	3,0	460	450×537×654	20
ПрТЛ-У-1	А	КПЖ220-1000	1,0	340	340×480×658	16
ПрТЛ-У-2	А	КПЖ220-2000	2,0	400	400×520×762	20
ПрТЛ-У-3	А	КПЖ220-3000	3,0	450	400×520×762	20
ПТ-250	В	ПЖ24-250-3	0,25	350	360×260×400	6,5
ПрТП-0,5	В	ПЖ24-500-3	0,5	430	382×285×44	5,5
ПГ-1000	В	ПЖ24-1000	1,0	900	494×630×580	17
ПМ-1-470-1	В	ПГ220-1000*, ПГ127-1000	1,0	98	626×690×860	26
ПМ-1-470-2	В	ПЖ220-1000-3	1,0	550	626×690×860	26
ПЭ-1-24	Д	ПЖ24-1000	1,0	160	400×835×640	23
ПЭ2-220	Д	ПЖ220-1000-3	1,0	120	400×835×640	23
ПР-300м	Д	К110-300*, К127-300, К220-300	0,3	50	170×600×335	3,5
ПрТС-0,3	Г	КГМ30-300-2	0,3	50	218×600×348	4,5
ПКП-1-250м	Г	ДКсШ-1000-3	1,0	4000	470×1440×1440	80

* Максимальная сила света указана для данного ИС.

используются, как правило, светильники типа КСЗ-4м. Для больших сцен применяется двухрядное расположение ОП. Для небольших театров и клубов применяются ОП меньшей мощности типа КС-3. Для небольших эстрад и сцен клубов с высотой портала 3—4,5 м весьма эффективны малогабаритные приборы типа РСП-4к.

Между софитными светильниками на фермах монтируются прожекторы, а также приборы УФ облучения. Для сцен крупных театров используются прожекторы типов ПРУ-1-150м, ПРУ-1-212м, ПРТЛ-1, ПТ-250, ПрТП-0,5. Учитывая сложность управления прожекторами, установленными на софитах, предпочтение следует отдавать прожекторам с дистанционным управлением (ПрТЛ-У). На малых сценах театров на софитах следует устанавливать прожекторы меньшей мощности — типов ПР-05-150м, ПР-05-115м, ПрТЛ-0,25, ПрТЛ-0,5, ПТ-250.

Горизонтный софит по числу светильников и габаритам отличается от остальных. Камерные светильники с зеркальными лампами (типа КСЗ-4м) могут размещаться в два, а на сценах оперных театров — в три ряда. Экономичны светильники с люминесцентными лампами типа ЛС-4. Между светильниками предусматривается установка 2—4 проекционных аппаратов для возможности создания динамической или статической проекции на горизонте. Последний софит целесообразно использовать для монтажа прожекторов, создающих контражурное освещение сцены. Для этих целей на ферме последнего софита размещаются в зависимости от размеров сцены прожекторы мощностью 0,5—1 кВт с линзовой оптикой или с параболоидными отражателями.

Первый софит и портальные башни используются для размещения различной прожекторной аппаратуры,

Таблица 13.24. **Театральные облучательные приборы**

Наименование	Тип	Источник излучения	Мощность, кВт	Максимальная сила света (без светофильтров), ккд	Габаритные размеры (ширина, глубина, высота), мм	Масса*, кг
Светильник ультрафиолетового облучения	СвТУ-0,375	ДРТ 375	0,375	2,8	325×140×290	3,7(8)
Светильник ультрафиолетового облучения	СвТУ-1,0	ДРТ 1000	1,0	27	393×270×400	7(13)
Прожектор ультрафиолетового облучения	ПУФ-500	ДРШ 500м	0,5	900	440×415×510	10(10)
Прожектор ультрафиолетового облучения (вертикальный)	ПУФ-В-500	ДРШ 500м	0,5	900	440×385×537	10(10)

* В скобках приведена масса дросселя.

создающей портальное освещение. Здесь могут быть использованы прожекторы как со шлифованными линзами, так и со ступенчатыми, позволяющие в широких пределах варьировать угол рассеяния за счет расфокусировки; для сцен крупных театров — это прожекторы типов ПРУ-1; ПрТЛ-1. На софите предпочтительно устанавливать дистанционно управляемые приборы типа ПрТЛ-У.

Для бокового освещения сцены целесообразно использовать прожекторы повышенной мощности с высокой концентрацией светового потока. К числу прожекторов бокового освещения следует отнести приборы типов ПрТЛ-1, ПрТЛ-2, ПрТЛ-3, ПрТЛ-1-24, ПрТП-0,5; ПТ-1000, ПР-3-250. Для средних и малых сцен могут использоваться прожекторы меньшей мощности. Мощные приборы больших габаритов типов ПрТЛ-3, ПР-3-250, ПТ-1000 целесообразно размещать на первой галерее на каретках, позволяющих перемещать прожектор по глубине сцены.

При создании верхнего выносного освещения требование об отсутствии засветки портальной стены со стороны зрительного зала может быть осуществлено, если применять прожекторы с эллиптическим отражателем и линзовым объективом (типов ПЭ-1-24 и ПЭ-1-220). Такое решение возможно с учетом их габаритов и массы, если в проекте театра предусмотрено специальное техническое помещение за потолком зрительного зала или специальный мостик, позволяющий осуществить обслуживание приборов. Для сцен меньших театров могут быть использованы прожекторы со шлифованными линзами мощностью 1 и 0,5 кВт с обязательной установкой тубуса на выходном отверстии прибора для уменьшения засветки портальной стены зрительного зала. Использование прожекторов со ступенчатыми линзами с этой точки зрения нецелесообразно. Если прожекторы выносного освещения монтируются на мостике или на неподвижной штанге и доступ к ним во время проведения спектакля невозможен, то следует использовать часть приборов с дистанционным управлением (типа ПрТЛ-У). Необходимость ограничения засветки зрительного зала также, и даже в еще большей степени, диктует выбор приборов для бокового выносного освещения. Здесь, так же как и для верхнего выносного освещения, следует отдавать предпочтение прожекторам с усложненной оптической системой (типа ПЭ). Достаточно широко используются также прожекторы с шлифованными линзами и цилиндрические тубусы на выходных отверстиях. С каждой стороны сцены боковое освещение целесообразно осуществлять группой прожекторов различной мощности: 1—2 прожектора мощностью 2 или 3 кВт, 8—12 прожекторов по 1 кВт, 2—4 прожектора по 0,5 кВт. Кроме того, для специальных эффектов устанавливаются прожекторы следящего луча типа ПР-300м, ПрТС-0,3 или ПРУ-1-212м с длиннофокусной приставкой типа ПД-440.

В крупных театрах рампа собирается из светильников типа УСРП-4-3. Для малых сцен и эстрад весьма эффективна рампа, составленная из малогабаритных светильников РСП-4к.

Стационарная проекционная аппаратура размещается в светопроекционной, размещенной в конце зрительного зала, и в рирпроекционной, расположенной за арьерсценой. В этих помещениях монтируются диапроекторы типов ДПТ-3-1, ПРУ-1-150П или мощный диапроектор типа ДПТ-10 с ГЛН мощностью 10 кВт.

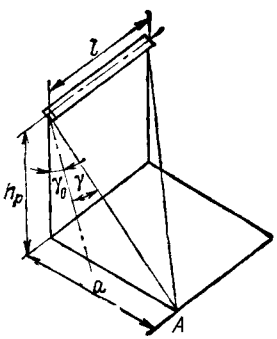


Рис. 13.46. К расчету освещенности от софитов.

A — расчетная точка на высоте 1,75 м от планшета сцены; l — длина софитов; h_p — высота подвеса софитов над горизонтальной плоскостью, проходящей на уровне 1,75 м от уровня планшета сцены; a — расстояние от расчетной точки до проекции оси софита на эту плоскость; γ_0 — направление осевой силы света софита; γ — угол между направлениями осевой силы света и на расчетную точку.

Светотехнические расчеты сценического освещения. Светотехнический расчет сцены является проверочным и сводится к определению вертикальной освещенности от приборов верхнего освещения в различных точках сцены и на поверхности горизонта. В соответствии с гл. VII-2 ПУЭ расчет проводится для случая совместного действия софитов от групп белого цвета (для точек, расположенных по оси и по краю сценической площадки на различной глубине сцены, начиная с первого плана).

Расчеты вертикальной освещенности экранов и горизонта и ее распределение по высоте этих поверхностей позволяют при проектировании выбрать оптимальные наклоны софитных светильников с зеркальными ЛН для создания равномерной по вертикали освещенности экрана и обосновать необходимое число рядов камерных светильников в каждом софите. Для горизонта следует учитывать значение коэффициента пропускания голубых и синих светофильтров. При расчетах обычно пользуются значением средневзвешенного коэффициента пропускания, где взвешивающими коэффициентами являются относительные значения числа светильников с голубыми и синими светофильтрами. Расчет осуществляется по номограммам, построенным исходя из представления софита как светящей линии.

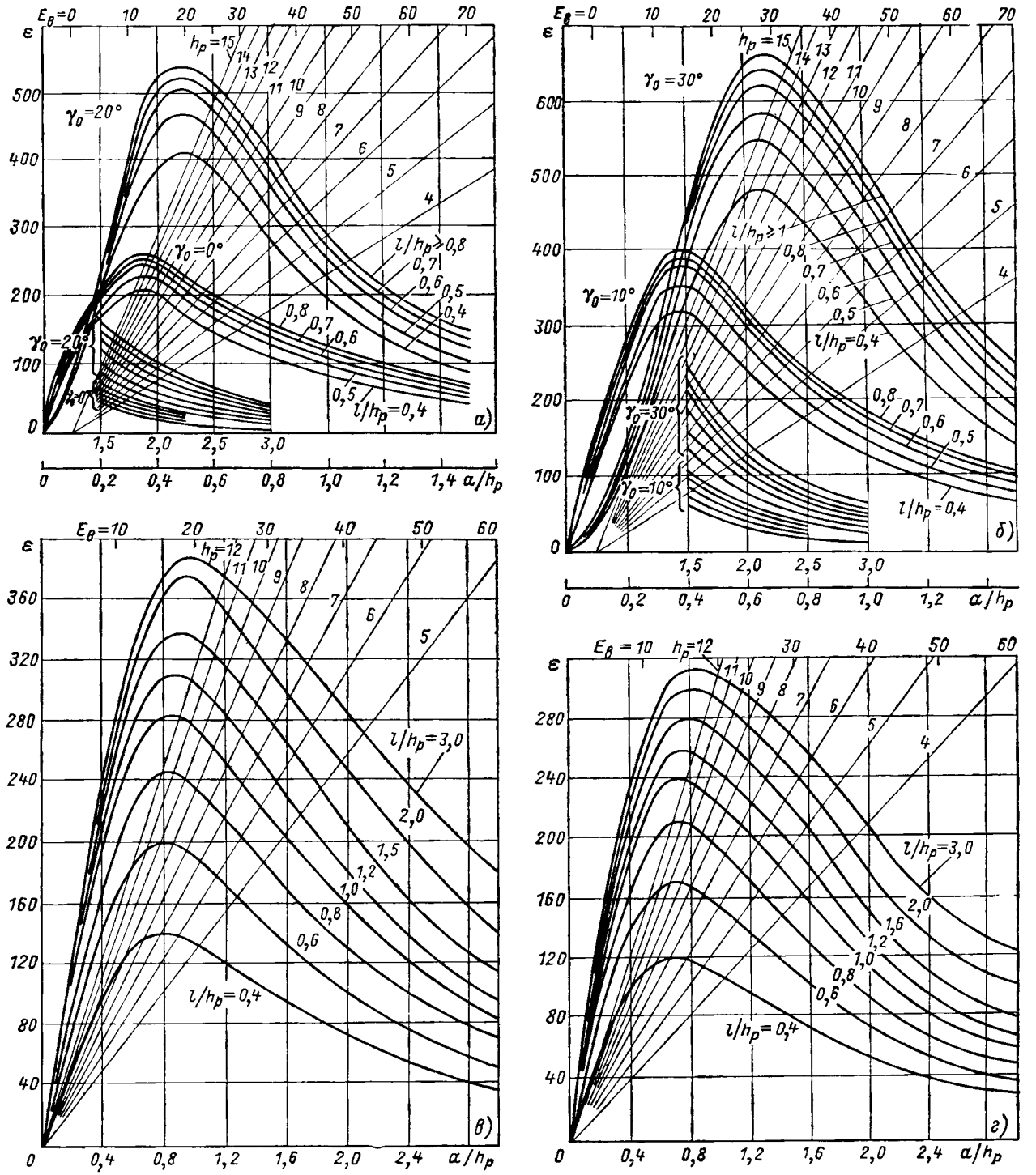


Рис. 13.47. Номограммы для расчета вертикальной освещенности от софитов.
а — КСЗ-4м с лампой типа ЗК220-500 ($γ_0=0°$ и $γ_0=20°$); *б* — КСЗ-4м с той же лампой ($γ_0=10°$ и $γ_0=30°$); *в* — КС-4 с лампой типа Г220-300; *г* — КС-3 с лампой типа Г220-200.

Номограммы представляют собой семейство кривых относительной вертикальной освещенности $ε$, вычисленных для различных значений относительной длины линии $l/h_р$ в функции относительного удаления расчетной точки от проекции софита на горизонтальную плоскость $a/h_р$, и пучок прямых для графического умножения $ε$ на величину, обратную $h_р$ (рис. 13.46, 13.47). Определение вертикальной освещенности $E_в$ осуществ-

ляется по номограмме следующим образом. Для установленных высот подвеса софитов $h_р$ над плоскостью, проходящей на уровне 1,75 м над планшетом сцены, вычисляется значение $l/h_р$. Зная расстояние контрольной точки A от проекции оси софита на эту плоскость a, находят по иомограмме для соответствующего значения $a/h_р$ точку на кривой семейства ε, построенной для значения $l/h_р$, ближайшего к рассчитанному. Проводя горизонталь через найденную точку до пересечения с прямой, соответствующей расчетной высоте подвеса софита $h_р$, находят точку пересечения и по верхней шкале определяют значение $E_в$. Все построения справедли-

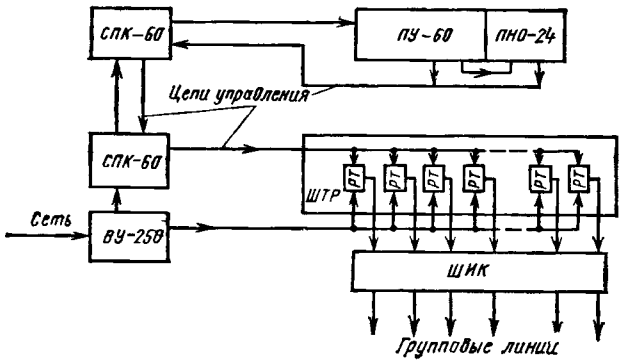


Рис. 13.48. Упрощенная структурная схема регулятора освещения «Старт-60П».

вы для типов ламп, указанных в подписи к рисунку. Для других ИС полученные значения $E_в$ необходимо пересчитать пропорционально отношению их световых потоков к световому потоку ламп, указанных на номограмме. Все иомограммы построены для четырехцветной системы освещения. Верхняя шкала вертикальной освещенности построена с учетом коэффициента запаса, равного 1,3.

Регулирование освещения сцены и зрительного зала. Проведение представления в зрелищных сооружениях требует изменения во времени освещения как в зрительном зале, так и на сцене, арене, эстраде. Переход от одного вида освещения к другому должен осуществляться по программам, заранее разработанным постаиовщиками (режиссером, балетмейстером, художником и др.).

В значительном числе действующих зрелищных сооружений регулирование освещением осуществляется с помощью автотрансформаторов, иапример типа ТР-100/30м, и механических регуляторов (типа РТМ), позволяющих с помощью тросовой системы перемещать токосъемные щетки на автотрансформаторе в цепи каждой групповой линии. С помощью такого регулятора помимо набранной программы можно заранее подготовить вторую программу, переход к которой может быть в дальнейшем осуществлен с помощью электроприводов типов ЭТР-2 и ЭТР-3 или вручную. Основными недостатками такой системы являются наличие движущихся контактов в рабочей цепи, тросовая система перемещения токосъемных щеток, не позволяющая устанавливать регулятор на значительных расстояниях от трансформаторов, малое число программ, которые могут быть заранее подготовлены перед представлением, один пульт управления. Указанных недостатков лишены регуляторы с электронным управлением. Силовыми элементами в регуляторах освещения, серийно выпускаемых для зрелищных сооружений, являются регуляторы напряжения на тиристорах типов РТ-3-220, РТ-5-220 и РТ-10-220, состоящие из собственно регулятора и дросселя фильтра, устанавливаемого отдельно. Однако тиристорные регуляторы требуют установки на входе повышающего автотрансформатора. На рис. 13.48 приведена упрощенная структурная схема регулятора освещения «Старт-60П», который предназначен для регулирования светового потока в 60 групповых линиях постановочного освещения с основного пульта типа ПУ-60, а также с дополнительного блока типа ПНО-24 в 24 регулируемых цепях иесценического освещения (освещение зрительного зала, фойе, кулуаров и т. п.). Сценическое освещение может регулироваться на основе предварительно набранных четырех световых программ, смена которых производится вручную плавно с требуемой скоростью и последовательностью, определяемой ходом спектакля. Силовая часть регулятора состоит из вводного устройства ВУ-250 с повышающим автотрансформатором АТ-250, шкафа (ШТР) с тиристорными регуляторами напряжения РТ типа РТ-5-220 или РТ-10-220 в зависимости от требуемой мощности в каждой из групповых цепей (5 или 10 кВ·А) и шкафа избирателей коммутации ШИК, где происходит соединение выходных цепей регуляторов с групповыми линиями нагрузки с помощью электрических соединителей и гибкого кабеля в соответствии с требованиями каждого спектакля. Управление тиристорными регуляторами осуществляется с пультов управления ПУ-60 и ПНО-24 через цепи управления, соединяющие пульты с регуляторами через стойки промежуточной коммутации типа СПК-60. Питание пультов управления подается от ВУ-250 также через СПК-60. Регулятор предназначен для работы в закрытом помещении с вентиляцией при температуре воздуха 5—40 °С и относительной влажиости ие более 80 % при 20 °С. Режим работы — продолжительный. Регулятор «Старт-120П» отличается от описаниого выше количеством регулируемых цепей и номииальиой мощностью. Его питание осуществляется от двух вводных устройств ВУ-250. В табл. 13.25 приведены техиические данные регуляторов освещения.

Таблица 13.25. Тиристорные регуляторы освещения

Тип регулятора*	Количество цепей		Мощность одной цепи, кВ·А	Номинальная мощность регулятора, кВ·А	Мощность цепей, кВ·А		Число программ	Масса, кг
	регулируемых	нерегулируемых			регулируемых	нерегулируемых		
ТСТ-5	1	—	5	5	5	—	1	30
ТСТ-10	1	—	10	10	10	—	1	75
ТСТ-30	1	—	30	30	30	—	1	75
«Спутник 12с»	12	3	3	45	36	9	1	4700
«Спутник 24с»	24	6	3	90	72	18	1	728
РО1-30Б	6	—	3	18	18	—	1	4
РО2-30Б	30	13	3	100	90	39	2	—
РО2-60Б	60	26	3	200	180	78	2	—
«Старт-60П»	60	—	5**	250	5×60	—	4	3300
«Старт-120П»	120	—	5**	500	5×120	—	4	6120

* Напряжение питания регулятора типа ТСТ-5 — 220 В, остальных типов — 380/220 В.

** При установке регуляторов типа РТ-10-220 мощность одной цепи 10 кВ·А.

В зрительных залах кинотеатров предусматривается автоматическое включение ОП, создающих 15—20 % нормируемой освещеиности в случае аварийного прекращения кинопроекции; там же для проведения работ дежурного персонала должно быть обеспечено включение 15—20 % ОП общего освещения.

Аварийное освещение в зрелищных сооружениях осуществляется в помещениях касс, администратора, гардероба, постов охраны и пожарного, регуляторной,

кинопроекционной и звукоаппаратной, трансформаторной подстанции или ГРЩ, телефонной станции и в помещениях для животных в цирках. Эвакуационное освещение выполняется во всех помещениях, где возможно пребывание не менее 50 человек, а также на лестницах и других путях эвакуации, которые должны иметь световые указатели. Световые указатели размещаются над дверями по пути эвакуации из зрительного зала, сцены, эстрады в направлении выхода из здания. Они должны питаться от сети ЭО и быть включены в течение всего времени пребывания зрителей в зрелищном предприятии. В зрелищных предприятиях со зрительным залом с числом мест 800 и более АЭО получает питание от аккумуляторной установки с автоматическим переключением при отключении внешних источников электроснабжения. Управление АЭО осуществляется централизованно из аккумуляторной или из помещения ГРЩ в зданиях, где нет аккумуляторной установки.

Особенности электрических сетей. В зрелищных предприятиях, где находится одновременно большое число зрителей, все помещения сцены или эстрады относятся к пожароопасным помещениям класса П-IIа. К помещениям с повышенной пожарной опасностью той же категории относятся также кинопроекционная, светопроекционная и рирпроекционная, а также перемоточные, сейф декораций, все мастерские, склады и кладовые.

Исходя из требований гл. VII-2 ПУЭ-76, электропроводки и кабельные линии на сцене, эстраде или манеже в зрелищных сооружениях со зрительным залом с числом мест 800 и более, в технических аппаратных, аккумуляторных, чердачных пространствах над потолком зрительного зала, а также цепи управления пожарной и охранной сигнализацией выполняются проводами и кабелями с медными жилами. В остальных помещениях рекомендуется использовать провода и кабели с алюминиевыми жилами. В зрительных залах и других помещениях для зрителей проводка должна быть скрытой сменяемой. В пределах сцены, эстрады, манежа, кино- и светопроекционных, а также в зрительных залах с числом мест более 800 проводка должна быть выполнена в стальных трубах, причем для линий постановочного освещения допускается прокладка в одной трубе до 24 проводов. Помимо выполнения общих требований по заземлению по гл. 1-7 ПУЭ-76 необходимо заземлять или занулять отдельным гибким проводом все подвижные металлические конструкции сцены, на которых устаиовлены осветительные или силовые приборы.

Спецификой сценических электрических сетей является сочетание стационарных и подвижных проводок, применяемых для ОП, размещенных на подвижных конструкциях (софитов портальных кулис). Гибкая петля подвижной проводки соединяет контакты переходных коробок, установленных на конце стационарной проводки и на передвижной конструкции. Петля выполняется гибким проводом и обшивается брезентом. Переносная осветительная аппаратура, устанавливаемая на сцене, питается от штепсельных коробок типа ШТС. Коробки устанавливаются в люках на планшете сцены или на стенах помещений для приборов выносного освещения, а также на портальных кулисах и барьерах рабочих галерей. К коробкам питание подводится проводами в стальных трубах. Распайка к каждому соединению производится внутри коробки.

Постановка света на сцене. В современном спектакле свет играет существенную роль, являясь одним из выразительных средств, с помощью которого воплощаются в жизнь творческие замыслы авторов спектакля — режиссера и художника. Во-первых, свет — одно из средств создания зрительного образа оформления сцены. Художник, используя свет для выявления светлотных контрастов на сцене, соподчиняет отдельные элементы декораций и создает единое композиционное целое. Во-вторых, свет используется для увеличения или уменьшения насыщенности цвета декораций и костюмов, для придания отражению от деталей оформления свету определенной цветности, как бы для «окрашивания» элементов оформления. В-третьих, свет используется как средство для трансформации декораций, для создания разных зрительных образов при одном и том же пространственном решении декораций. И в-четвертых, свет, изменяющийся во времени, позволяет режиссеру согласовать эти изменения с динамикой действия на сцене и создать необходимый ритм спектакля.

Два вида освещения — освещение декораций и освещение актеров — находятся в тесной связи и взаимно дополняют друг друга, однако имеют и ряд специфических особенностей. Основные задачи, решаемые каждым видом освещения, сводятся к следующему. При освещении декораций свет используется для выявления пластических свойств объемных элементов оформления, для решения композиционных задач при организации сценического пространства. При освещении актеров свет служит в первую очередь для обеспечения необходимого уровня видимости актеров, а также для гармоничного соподчинения цвета костюмов окружающим элементам оформления, для создания определенного ритма действия на сцене.

При создании светового оформления спектакля можно выделить несколько основных этапов. Вначале разрабатывается принципиальная схема освещения декораций. Исходя из смыслового содержания действия, картины или явления и учитывая композиционные замыслы художника, режиссер и художник в сотрудничестве с электроцехом выявляют доминирующее направление светового потока и элементы оформления, которые должны быть высвечены акцентирующим светом. При этом начинать целесообразно с высвечивания фона — экрана, завесы, живописного задника. Свет здесь является средством живописи, с помощью которого усиливается контраст, создаются акценты. Использование цветного освещения позволяет увеличить чистоту цвета отдельных элемеитов и всего экрана или завесы. Далее приступают к высвечиванию пространственных форм оформления, решая задачи выявления объема и пластики деталей, соподчинения освещения плоских и объемных частей оформления. После того как освещена декорация, приступают к освещению мизансцеи. В первую очередь решается задача обеспечения видимости лица актера из зрительного зала. Как правило, когда не применяется специально высвечивание актера, он должен быть освещен не менее чем двумя прожекторами, при этом их расположение выбирается таким, чтобы на лицо актера не падала тень от его партнера по мизансцене. В заключение, когда мизансцены отработаны, согласуют освещение декораций и мизансцен. При этом необходим комплексный подход к выбору приемов освещения, поскольку приходится находить компромиссные решения между световой композицией оформления и обеспечением видимости актеров. Для этого уточняется размещение СП, проверяется принятое цветовое решение, для чего необходимы, конечно, актеры в гриме и костюмах. На этом же этапе определяются режимы перехода от одиой программы освещения к другой с учетом требуемого ритма спектакля.

13.9. МУЗЕИ, ВЫСТАВКИ

Согласно классификации, принятой Международным советом музеев, они подразделяются на художественные, исторические, этнографические, научно-техни-

ческие, естественной истории, архитектурные памятники, ботанические и зоологические сады. Художественные музеи неоднородны по своему масштабу и фондам и делятся на картинные галереи изобразительных искусств, музеи искусства, прикладного искусства, мемориальные. Особое внимание в последние годы уделяется созданию музеев-заповедников и музейных комплексов, посвященных, событиям Великой Отечественной войны. Признание получили также общественные музеи.

Большинство музеев размещается в старинных зданиях, представляющих архитектурную или историческую ценность и не всегда обеспечивающих необходимые условия для распределения экспонатов в экспозиции и фондохранилищах, устройства выставок и проведения научно-просветительной работы.

Многогранность деятельности музеев выявляется в сложной объемно-планировочной структуре новых зданий, рассчитанных на массовость посещений и состоящих из следующих помещений: входной группы (помещений для приема и обслуживания посетителей), административных, экспозиционной части (залов постоянной экспозиции и выставочного зала), фондохранилищ, лабораторий, реставрационных и других мастерских, лекционного зала, библиотеки, кинозала, различных технических помещений. Обычно это здания в 2—3 этажа, больше половины площади которых отводится для экспозиционных целей и до 20 % — для фондохранилищ. Экспозиционные залы в зависимости от размещенных в них экспонатов имеют площади от 30 до 200 м² и высоту от 3 до 8 м, как правило, они оборудованы верхними или боковыми светопроемами [13.33, 13.34].

Музейные экспонаты: живопись, графика, скульптура, прикладное искусство, нумизматика, археология, фотография, документы, газеты, коллекции насекомых и животных, диорамы — весьма разнообразны по размерам, могут быть плоскими или объемными, цветными или черно-белыми, светостойкими и несветостойкими, располагаться на полу, стенах, специальных стендах, витринах, шкафах, вертикально, горизонтально и наклонно.

По светостойкости экспонаты можно условно разделить на следующие три группы: I — высокой светостойкости, II — умеренной и III — низкой.

По цветовым характеристикам экспонаты делятся на: 1) ахроматические или серые, т. е. не имеющие выраженного цветового тона; 2) одноцветные, имеющие по всей поверхности более или менее одинаковый тон; 3) многоцветные тональные, в пределах площади которых цветовой тон может меняться, но при этом может быть выделен преобладающий; 4) многоцветные пестрые, для которых можно считать равнозначными все цветовые тона.

Классификация экспонатов по этим группам приведена в табл. 13.26.

Экспозиционные требования и состав экспонатов всецело определяют как архитектурное оформление экспозиционных залов, так и их освещение. Свет является эффективным средством эмоционального воздействия, имеет исключительную важность для организации внутреннего пространства музеев и выставок, оптимальных условий для осмотра экспонатов, создания определенного настроения и цветоощущения, направляет внимание посетителя на нужные зоны, главные экспонаты. Специфика освещения музеев проявляется в основном в экспозиционных залах, запасниках и реставрационных мастерских [13.33—13.44]. Остальные помещения аналогичны помещениям общественных зданий, освещение которых рассмотрено в других параграфах этого раздела и разд. 15.

Таблица 13.26. Классификация музейных экспонатов

Наименование экспоната	Группа светостойкости	Группа цветовых характеристик	Форма
Живопись:			
масло	II	3,4	Плоская
темпера, пастель, акварель	III	3,4	»
Графика:			
черно-белая	III	1	»
цветная	III	3,4	»
Иконы	III	3,4	»
Рукописи, газеты	III	1	»
Фотографии	III	1,3	»
Марки	III	4	»
Драгоценности	I	3	Объемная, рельефная
Монеты	I	2	Рельефная
Значки	I	4	»
Оружие	I	2	Объемная
Одежда, ткани, гобелен, кружево	III	2,4	Плоская
Фарфор, керамика, стекло, эмаль	I	2,3	Объемная
Утварь	I	4	»
Скульптура:			
мраморная, гипсовая, чугунная	I	1	»
бронзовая	I	2	»
Мебель:			
деревянная	II	3	»
с бронзовыми деталями	I	2	»
Бабочки, чучела	III	4	»
Техническое оборудование	I	1	»

Освещение экспозиционных помещений различных музеев не должно быть стереотипным. Задача состоит в том, чтобы соединить преимущества естественного и искусственного освещения и избежать их недостатков, не забывая при этом о мерах по сохранности экспонатов от разрушающего действия света.

Искусственное освещение не зависит от времени дня, сезона, погоды, при нем экспонаты не подвергаются солнечной радиации, облегчается возможность индивидуального освещения экспонатов. При устройстве различных промышленных и торговых выставок с помощью такого освещения легче придать выставке праздничный вид, лучше выявить ее содержание. Однако для нормального восприятия многих художественных произведений искусственное освещение дает лишь удовлетворительные результаты и психологически приемлемо далеко не для всех посетителей. Остеклением наружных стен достигается впечатление органической связи внутреннего пространства с окружением. Кроме того, при естественном свете обеспечивается наилучшая цветопередача экспозиций, лучше выявляется пластичность скульптуры и других крупных объемных экспонатов. Поэтому для музеев и выставок в основном рекомендуется система совмещенного естественного и искусственного освещения, причем должно быть полностью исключено попадание прямых солнечных лучей на экспонаты через светопроемы, что достигается соответствующей ориентацией зданий, а также обязательным оборудованием верхних фонарей и окон металлическими жалюзи или шторами. Лишь помещения с особо чувствительными к свету экспонатами (например, графика, акварель, гобелены, бабочки, чучела) могут не иметь естественного света.

Осветительные установки должны обеспечивать возможность полноценного осмотра экспонатов при достаточном уровне освещенности и правильной цветопередаче наряду с созданием общего уровня зрительной адаптации и достаточного светового комфорта для находящихся в помещении людей, а также выявляя

Таблица 13.27. **Нормы освещенности для основных музейных помещений и экспозиций**

Наименование объекта	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), ее высота над полом, м	Освещенность, лк	Рекомендуемые		Система освещения
			источники света	светильники	
Экспозиционные залы, в которых все основные экспонаты освещаются дополнительно	Г-0,8	75[1]	ЛЛ	ЛПО02, ЛСО02, ЛСО04, ЛВО01, УСП	Общее
Экспозиционные залы, в которых экспонаты не освещаются дополнительно	Г-0,8	200[1]	ЛЛ, ГЛН	То же, световые потолки, светильники отраженного света	»
Экспонаты I группы светостойкости:					
крупногабаритные (скульптура, мебель)	В-1	200	ЛЛ+ЛН	То же + поворотные светильники на шинопроводах, ПР-300М	Общее локализованное
имеющие мелкие детали различения (фарфор, образцы минералов, оружие)	Витрины	300	ЛЛ, ЛЛ+ЛН	—	Местное
имеющие особо мелкие детали различения (ювелирные изделия, монеты)	»	500	ЛЛ, ЛН[2]	—	»
Экспонаты II группы светостойкости	В-1	150	ЛЛ+ЛН, ГЛН	ЛПО13, ЛПО12, поворотные светильники на шинопроводах, специальные с ГЛН	Общее локализованное
Экспонаты III группы светостойкости	В-1	50 75[3]	ЛН ЛЛ	НВО04, НСО02 ЛПО12, ЛПО03	То же
Технические выставки	Г-0,8	300	МГЛ, ЛЛ, ЛН, ГЛН, ДРЛ	Светильники общего применения	» »
Помещения фондохранилищ[4]:					
при закрытом способе хранения	Г-0,8	75	ЛЛ	ЛСО02 с металлической решеткой	Общее
при открытом способе хранения	Г-0,8	50	ЛН	НСО02	»
рабочие столы	Г-0,8	300	ЛЛ	ЛНП01	Общее + местное
Реставрационные мастерские:					
живописи	Г-0,8	1000	ЛЛ+ЛН	ЛСО02, ЛПО02, ЛПО03 и зеркальные ЛН	Общее локализованное
прикладного искусства	Г-0,8	2000[5]	ЛЛ	ЛПО02, ЛСО02, ЛНП01	Общее + местное

[1] При применении ламп накаливания освещенности могут быть снижены на одну ступень [13.35].
[2] Лампы накаливания рекомендуются для освещения некоторых драгоценностей для приближения к условиям свечного освещения, при котором ранее воспринимались эти изделия.
[3] Люминесцентные лампы допускаются для многоцветных экспонатов при условии обеспечения необходимой степени светозащиты.
[4] Помещения пожароопасные класса П-IIа.
[5] Доля общего освещения должна составлять 10 % указанного значения.

представляющих художественную ценность деталей архитектурного оформления интерьера (роспись, резьбу, лепку и т. п.); круглосуточную охрану экспонатов; возможность выполнения в служебных помещениях работ, определенных назначением этих помещений; безопасную эвакуацию посетителей при нарушении нормальных условий электроснабжения. Указанные задачи должны решаться путем выбора рациональных способов освещения при безусловном ограничении разрушающего действия излучений ИС на экспонаты.

Уровни освещенности. Нормами [44] в выставочных залах установлен уровень горизонтальной освещенности 200 лк на высоте 0,8 м от пола. Рекомендуемые уровни освещенности экспонатов и специальных музейных помещений приведены в табл. 13.27 [13.35].

В связи с индивидуальным подходом к освещению некоторых экспонатов допускается повышать указанные уровни освещенности на одну-две ступени с принятием эффективных мер светозащиты. Допускается снижать освещенность на 20 % для уникальных объектов с целью их лучшей сохранности.

Для промышленных выставок согласно международным нормам рекомендуется устанавливать среднюю освещенность витрин до 900 лк [13.36]. Рекомендуемые освещенности экспонатов приведены в табл. 13.28.

Системы освещения. Во всех помещениях музеев и выставок должно оборудоваться общее равномерное или локализованное освещение.

При преобладании экспонатов, расположенных на стенах или стационарных стендах, общее освещение рекомендуется выполнять локализованным, причем в целях лучшего восприятия экспонатов целесообразно вне зоны расположения последних обеспечивать меньшую освещенность.

Местное освещение с одновременным устройством дополнительного общего освещения рекомендуется для стендов временных выставок; диорам и пространственных макетов; экспонатов, расположенных на стеллажах, в шкафах, витринах; отдельных экспонатов особого характера или назначения, требующих светового акцента; рабочих столов в реставрационных мастерских и запасниках.

В помещениях, имеющих мемориальное значение, рекомендуется сохранять способы освещения, имевшиеся в них ранее, причем если они освещались свечами, газом или керосиновыми лампами, то в старых арматурах должны быть установлены ЛН.

В помещениях музеев, где естественный свет имеется, но не обеспечивает достаточного и правильного освещения экспонатов, ОУ должны проектироваться с

Таблица 13.28. **Рекомендуемые освещенности экспонатов на промышленных выставках**

Наименование экспоната	Освещенность, лк
Станки, машины и прочее промышленное оборудование	1000
Товары народного потребления:	
на открытых стендах	2000
в витринах	5000
Различная аппаратура:	
в интерьере	1000
в витринах	5000
Оптика в витринах	5000
Ювелирные изделия	5000

учетом использования их в двух режимах: как основное в вечернее время и как дополнительное к естественному в дневное. При этом рекомендуется рассматривать вопрос о возможности регулирования искусственного освещения в зависимости от уровня естественного (ступенчатом или плавном, ручном или автоматическом).

Качество освещения. При устройстве ОУ экспозиционных помещений должны учитываться требования к цветопередаче в соответствии с характером и колоритом экспонатов, исходя из чего выбираются ИС и их сочетания. При этом следует не прикрашивать и корректировать средствами освещения творческий замысел художника, а находить такие условия, при которых этот замысел реализуется.

Освещение экспонатов, вертикально расположенных на стенах или стендах, должно быть равномерным; отношение наибольшей освещенности к наименьшей не должно превышать 3 : 1. Не допускается распределения освещенности, при котором нижние точки экспозиции имеют большую освещенность, чем верхние. Освещение бликующих вертикальных поверхностей экспозиций рекомендуется выполнять отраженным или с помощью световых потолков. При локализованном освещении вертикальных поверхностей экспонатов угол падения света в нижние точки экспозиций не должен превышать 70—75° с нормалью. Если при этом экспонаты имеют бликующие поверхности, то угол падения света в их верхние точки должен составлять не менее 45°, при наклонном их расположении — под углом β к вертикали — не менее $45° - \beta$.

При устройстве отраженного освещения яркость потолка не должна быть значительно больше яркости стен и экспонатов.

Для освещения рельефных и объемных экспонатов при необходимости подчеркнуть их рельеф или осуществить требуемое распределение светотени рекомендуется в дополнение к общему рассеянному освещению применять направленное, в основном верхнее боковое (см. рис. П.18, *а*).

Большое значение имеет соотношение яркостей рассматриваемого объекта и его фона. В ряде случаев сильный, сознательно осуществленный контраст между изделиями и фоном значительно улучшает условия различения. Например, некоторые мелкие предметы со сложными очертаниями или ажурные (ювелирные изделия, изделия из кости, кружево) лучше видны на темном фоне.

В экспозициях картин, фотографий и подобных им экспонатов создание большого контраста с фоном нарушает целостность художественного восприятия произведений. Слишком темный фон ухудшает условия светового комфорта, слишком светлый фон «забивает» экспонаты и, хорошо освещая стоящего перед ними зрителя, образует его яркое отражение в стеклах витрин или на картинах. Рекомендуется использовать

Таблица 13.29. **Светоактивность и цветопередающие свойства источников света**

Источник света	Цветовая температура, К	Относительное фотохимическое действие*, %	Цветопередача**
Безоблачное небо	11 000	100	Отличная
Пасмурное небо	6400	31,7	»
Солнце под углом 30° над горизонтом	5300	16,5	»
ДКсТ	5500	—	Хорошая
ЛЛ типа ЛХБ	4300	11,5	Удовлетворительная
ЛЛ типа ЛЕ	3900	—	То же
ЛЛ типа ЛДЦ	6000	—	» »
ГЛН	3000	—	» »
ЛН	2850	2,8	Приемлемая
ЛЛ типа ЛБ	3500	—	»
МГЛ	4700	—	»
ЛЛ типа ЛД	6500	8,4	Неудовлетворительная
ЛЛ типа ЛТБ	2900	—	То же
ЛЛ типа ДРЛ	3800	—	» »
НЛВД	2100	—	» »

* Данные по [13.37].

** Цветопередача оценена по многоцветным музейным экспонатам.

нейтральный фон с коэффициентом отражения порядка 0,3.

Наряду с наличием преимущественного направления линии зрения посетителей при осмотре экспонатов может иметь место необходимость различения объектов, произвольно ориентированных в освещаемых помещениях музеев и выставок, имеющих зачастую богатую архитектурную и художественную отделку. Поэтому при устройстве освещения следует принимать меры по ограничению слепящего действия ОУ. Значение показателя дискомфорта для выставочных залов не должно превышать 60. Независимо от этих требований следует не допускать наличия в поле зрения посетителей под углами до 45° с горизонталью ярких поверхностей ИС или ОП.

В помещениях с преобладанием экспонатов, расположенных на стенах или стендах, цилиндрическая освещенность не нормируется. Рекомендуется, напротив, по возможности ограничивать вертикальную освещенность. В случаях, если это соответствует архитектурно-художественному решению интерьера, рекомендуется цилиндрическая освещенность 75 лк. Коэффициент пульсации в экспозиционных помещениях не ограничивается, однако по возможности необходимо применять меры по снижению пульсации светового потока.

Источники света. При выборе ИС для освещения музеев и выставок наряду с технико-экономическими требованиями должны учитываться светостойкость экспонатов; требования к цветопередаче; конструктивная возможность использования ИС при принятом архитектурном решении.

Светоактивность и цветопередающие свойства ИС приведены в табл. 13.29, с учетом данных которой рекомендуется выбирать необходимый тип ИС.

Выбор ИС для подсобных помещений и запасников должен согласовываться с хранителями музеев. Наилучшая цветопередача может быть достигнута при совместной установке ИС различных типов. Так, могут быть рекомендованы сочетания ЛЛ типа ЛДЦ с ЛН или ГЛН в следующих соотношениях по уровню освещенности: 30—20 % ЛДЦ и 70—80 % ЛН — для экспонатов теплых цветовых тонов, 50 % ЛДЦ и 50 % ЛН — для объектов нейтральной цветности и «пестрых»; 70 %

ЛДЦ и 30 % ЛН — для объектов холодных цветовых тонов. Осуществляя эти рекомендации, необходимо обеспечивать максимальную однородность света по всей поверхности экспоната или их группы, для чего различные ИС должны располагаться возможно ближе друг к другу и устанавливаться в ОП, как правило, с одинаковым светораспределением. При повышенных требованиях к цветопередаче рекомендуется использовать смешанное освещение, особенно для многоцветных тональных экспонатов, а также, как правило, использовать ЛЛ типов ЛХБ, ЛЕ и ЛДЦ для экспонатов I и II групп светостойкости; ЛН — для ахроматических экспонатов III группы, при необходимости использования в качестве арматуры старых люстр, канделябров и других и в случаях, указанных в табл. 13.27.

В случаях, когда размещение большого количества ЛЛ затруднено в силу архитектурно-художественных соображений, рекомендуются ГЛН, обеспечивающие приемлемую цветопередачу при относительно малой фотохимической активности.

Для общего освещения музеев с экспонатами высокой светостойкости и выставок технического характера могут быть рекомендованы МГЛ, допускается также использовать лампы ДРЛ при отсутствии повышенных требований к цветопередаче, причем рекомендуется сочетание (по уровню освещенности) 70—60 % ДРЛ и 30—40 % ЛН.

В служебных музейных помещениях при отсутствии повышенных требований к цветопередаче рекомендуется применять ЛЛ типа ЛБ.

Осветительные приборы и устройства. Экспозиционные помещения являются непожароопасными с нормальными условиями среды. Помещения фондохранилищ должны рассматриваться как пожароопасные помещения класса П-IIа, предназначенные для хранения ценных сгораемых материалов, в соответствии с чем (§ 12.2) ОП с ЛН должны иметь сплошные защитные силикатные стекла; ОП с ЛЛ не должны иметь рассеивателей или отражателей из сгораемых материалов, должна быть исключена возможность выпадения ламп, а ввод в ОП должен выполняться проводами с несгораемой оболочкой или в стальных трубах.

Для общего и локализованного освещения предпочтение следует отдавать ОП, обеспечивающим подсветку потолка, однако в технических музеях, при желании подчеркнуть их «индустриальность», могут применяться ОП прямого света, например с лампами ДРЛ и МГЛ. Из подвесных и потолочных можно рекомендовать ОП типов ЛПО01, ЛПО02, ЛСО02, ЛСО04, УСП, Л2010М, ЛПО31, или объединенные в блоки и закрепленные на каркасе, имеющем декоративное обрамление, одноламповые ОП типа ЛПО03 и ЛПО30, а также НСО02, СК300 и т. п.; из встраиваемых в подвесные потолки — ОП типа ЛВО01, ЛВО03, ЛВО31, НВО04.

Для локализованного и местного освещения настенной или стендовой экспозиции рекомендуется ОП с ЛЛ с несимметричным светораспределением в поперечной плоскости, например ЛПО13, ЛПО12 с зеркальными отражателями, наклонно установленные зеркальные ЛН в тубусах или поворотные ОП, укрепляемые на осветительных шинопроводах для общественных зданий (см. рис. П.21, *в*).

Иногда для подсветки, создающей световое пятно определенного размера, используются сценические прожекторы типа ПР-0,25-100 и проекционные приборы типа ПР-300М (см. § 13.8). Устанавливая в них цветные светофильтры или различные маски (непрозрачные экраны) с вырезом, соответствующим по форме и размерам (с учетом проекционного увеличения) объекту освещения, можно добиться желаемого эффекта выделения экспоната.

Наиболее предпочтительным для освещения экспозиционных залов является устройство световых карнизов, светящих потолков, напольных ОП отраженного света, совмещенных световых фонарей и потолков и т. п., описание которых приведено в § 15.1.

В силу строительных и архитектурных особенностей экспозиционных залов иногда бывает сложно подобрать ОП из числа выпускаемых промышленностью, поэтому допускается применение ОП специального изготовления. Задание на разработку таких ОП должно разрабатываться светотехниками, а художественное оформление прорабатываться совместно с художником или архитектором, осуществляющим общее оформление экспозиции.

Перспективным является применение комплектных осветительных устройств со щелевыми световодами для общего освещения выставочных залов и малогабаритных световодов длиной 3, 2 и 1 м с зеркальными лампами ЗК100, ЗК150 и ЗК300 для освещения витрин.

Защита экспонатов от разрушающего действия света. Известно, что излучения оптической части спектра оказывают выцветающее и разрушающее действие на экспонаты. Фотохимическая активность ИС (табл. 13.29) тем больше, чем выше интенсивность излучений в сине-зеленой области их спектра. Наиболее опасными для художественных произведений являются УФ излучения. Избыток ИК излучений в спектре ИС может вызывать разрушающий перегрев экспонатов [13.37].

Для снижения вредного действия излучений используется уменьшение уровня освещенности экспонатов, сокращение времени действия света и применение специальных светофильтров. Ограничение освещенности, создаваемой естественным светом, производится с помощью штор или жалюзи. Иногда защита отдельных экспонатов выполняется непрозрачными шторками, откидываемыми только при непосредственном осмотре. Наиболее эффективным защитным средством являются стекла специальных марок [13.39], применяемые для остекления светопроемов, перекрытия выходных отверстий СП или защиты экспонатов (например, БС-9, БС-10, СЗС-14, светофильтры пленочные или из органического стекла, интерференционные, фильтры-зеркала). Следует учитывать, что светофильтры поглощают до 20 % видимого излучения ИС, могут несколько искажать цветовые характеристики объектов освещения и, кроме того, требуют конструктивной доработки ОП для возможности их крепления. Известную роль в ограничении вредного действия излучений играет применение для отделки поверхностей помещений материалов, поглощающих УФ излучения — окиси цинка или двуокиси титана.

Рекомендуемые способы освещения. При освещении экспозиционных залов следует стремиться к тому, чтобы ОУ была рациональной и эффективной и не отвлекала внимание от экспонатов.

Наиболее рациональными системами освещения музеев являются общее локализованное и общее совместно с местным освещение.

Общее освещение равномерно расположенными по потолку ОП целесообразно в случаях, когда необходимо обеспечить равномерное освещение всего помещения, если при этом не предъявляется требований к ограничению бликования экспонатов либо последние имеют дополнительную местную подсветку.

Для освещения залов с преобладающей настенной экспозицией рекомендуется общее локализованное освещение. Наиболее простым способом оно может быть выполнено с помощью ОП типа ЛПО13, расположенных в виде «каре» (рис. 13.49). При этом расстояние ОП от стен следует выбирать так [13.38], чтобы угол падения света в верхние точки экспозиций был 45° или несколько больше, т. е. расстояние a должно примерно равняться высоте Δh подвеса ОП над верхним краем экспозиции и составлять (0,4—0,7) h — высоты экспо-

зиции (рис. 13.50). Это обеспечивает необходимые уровень и равномерность освещенности экспонатов по высоте, а также достаточную освещенность всей площади помещения.

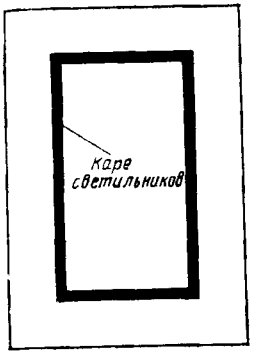


Рис 13.49 Локализованное освещение светильниками типа ЛПО13.

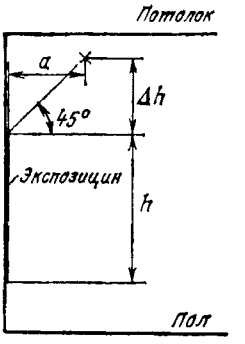


Рис. 13.50. Рекомендуемое расположение светильников по отношению к настенной экспозиции.

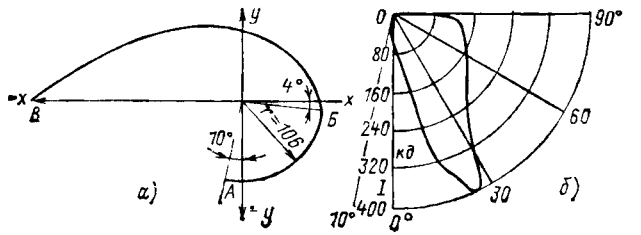


Рис. 13.51. Светильник «улитка» с ГЛН.

а — зеркальный отражатель; *б* — кривая силы света ($\Phi_л$ = =1000 лм).

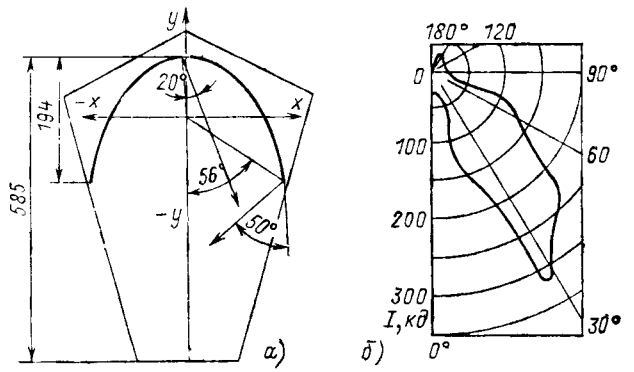


Рис. 13.52. Светильник «колокол» с ГЛН.

а — светотехническая схема, *б* — кривая силы света ($\Phi_л$= =1000 лм).

При освещении высоких помещений (более 8 м) с крупной настенной экспозицией хорошие результаты получаются при применении ОП с ГЛН. Например для Эрмитажа по специальному заказу были сделаны и испытаны ОП, выполненные по схемам, представленным на рис. 13.51, 13.52.

Люстры являются ОП общего равномерного освещения и применяются, как правило, по архитектурно-художественным соображениям, в основном в зданиях дворцового типа. Если имеющаяся люстра не обеспечивает необходимого уровня освещенности экспозиций, то в нее могут быть установлены дополнительные мощные зеркальные ЛН, почти невидимые для посетителей.

Наиболее предпочтительными являются способы освещения музейных залов с помощью устройств отраженного света, световых и подвесных потолков, обеспечивающих возможность размещения осветительных устройств незаметно для посетителей, не нарушающих архитектурного облика интерьера. Отраженное освещение может быть выполнено с помощью световых кар-

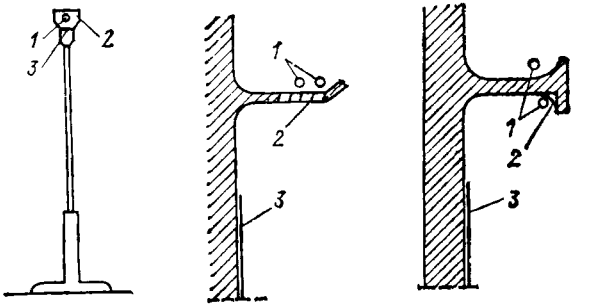


Рис. 13.53. Софит отраженного освещения на стенде.
1 — источник света; *2* — софит; *3* — теплоизоляция.

Рис. 13.54. Сочетание отраженного света с направленным.
1 — источник света; *2* — наклонные планки экранирующей решетки; *3* — экспозиция.

Рис. 13.55. Схема сочетания карнизного освещения с направленным.
1 — источник света; *2* — зеркальный отражатель; *3* — экспозиция.

низов, напольных ОП (§ 15.1), либо с помощью специальных устройств, расположенных, например, на крупных стендах (рис. 13.53). Недостатком отраженного освещения является его некоторая монотонность, поэтому его целесообразно дополнять направленным, особенно в случаях, когда должен быть подчеркнут рельеф экспонатов (статуй, барельефов и т. п.). Примеры устройств карнизного освещения совместно с направленным приведены на рис. 13.54 и 13.55. Заслуживают внимания применение ОП отраженного света с ГЛН (рис. 13.56), использованные в некоторых залах Эрмитажа, а также специальные подвесные устройства отраженного света с ЛЛ и встраиваемыми ОП с зеркальными ЛН для направленной подсветки настенной экспозиции, примененные для освещения залов Центрального музея В. И. Ленина [13.40].

Примером освещения с помощью световых потолков может служить ОУ Центрального выставочного зала в Ленинграде [13.41]. Световые потолки выполнены из экранирующих металлических решеток с ячейками 70×70×68 мм, обеспечивающих защитный угол 45°. Над решеткой установлены ОП без рассеивателей с ЛЛ типа ЛХБ40-4. Светящие потолки используют совместно со световым фонарем, по периметру которого установлены группы зеркальных ЛН, используемых при отсутствии естественного света.

При совместной экспозиции живописи и скульптуры предпочтителен верхний свет, совмещенное естественное и искусственное освещение. Так выполнено, например, освещение зала Центрального музея Вооруженных Сил СССР. Зал площадью 700 м², высотой 8 м освещен через верхний световой фонарь, нижняя

поверхность которого выполнена из стекла в алюминиевых переплетах. При снижении естественного освещения предусмотрено автоматическое включение равномерно расположенных и скрытых за остеклением ЛЛ.

Располагаемые над световым потолком ОП должны размещаться в соответствии с существующими правилами (см. § 15.1) для обеспечения равномерной яркости поверхности стекла или планок решеток.

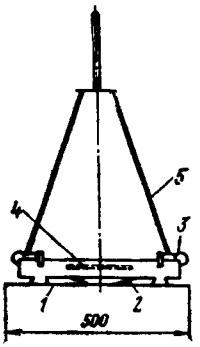


Рис. 13.56 Светильник отраженного света с галогенной лампой накаливания.

1 — квадратное основание; *2* — отражатель; *3* — кольцо; *4* — лампа; *5* — штанга.

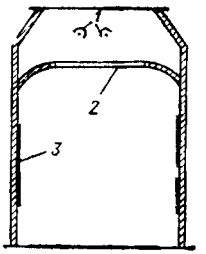
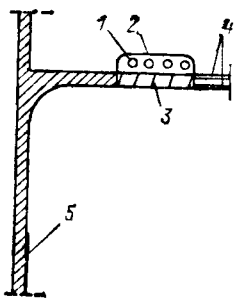


Рис. 13.57. Освещение светильниками, расположенными над светящим потолком.

1 — светильник или зеркальная лампа; *2* — световой потолок; *3* — экспозиция.



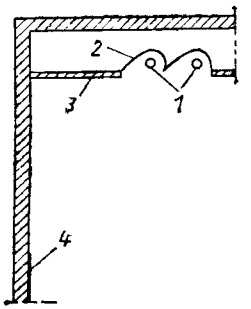


Рис. 13.58. Локализованное расположение светильников над светящим потолком.

1 — источник света; *2* — кожух-отражатель; *3* — экранирующая решетка; *4* — остекление; *5* — экспозиция.

Рис. 13.59. Освещение светильниками, встраиваемыми в подвесной потолок.

1 — источник света; *2* — зеркальный отражатель; *3* — подшивной потолок; *4* — экспозиция.

При освещении залов с настенной экспозицией рекомендуется локальное расположение ОП над светящим потолком, выполняемое по схемам, приведенным на рис. 13.57—13.59. Примером может служить способ освещения залов станковой живописи здания Государственной картинной галереи СССР в Москве. Часть специальных ОП направленного света с тремя ЛЛ мощностью по 80 Вт (каждая из которых установлена в своем зеркальном отражателе) и двумя зеркальными ЛН по 150 Вт расположена равномерно над центральной частью решетчатого потолка для обеспечения общего освещения зала. По периметру потолка ОП с решетками с наклонно установленными планками смонтированы на поворотных кронштейнах, дающих возможность направлять свет на стены.

Скрытое от посетителей размещение осветительных устройств, освещающих настенные экспозиции, может быть выполнено в подвесном «плавающем» потолке, не доходящем до стен (§ 15.1).

Во многих случаях общее освещение устраивается лишь для обеспечения необходимого уровня адаптации посетителей музея, а необходимый уровень освещенности на экспонатах создается местным освещением. Местное освещение используют в случаях, когда необходимо выделить светом какой-либо экспонат, а также преимущественно для передвижных и временных выставок, для экспонатов, расположенных в витринах, шкафах и для диорам. При выполнении местного освещения стендов ОП типа ЛПО13, ЛПО12, зеркальными ЛН и ОП на шинопроводах необходимо соблюдать указанное выше правило их установки (рис. 13.50).

Приемы освещения витрин рассматриваются в § 13.10. Наиболее предпочтительны для их освещения световоды, с помощью которых проще решаются вопросы защиты экспонатов от фотохимического действия света, улучшения цветности освещения, создания необходимого теплового режима в полости витрин, обеспечения условий пожарной безопасности.

Освещение реставрационных мастерских живописи рекомендуется выполнять общим локализованным, сосредоточивая ОП над столами, поскольку из-за больших габаритов картин размещение ОП местного освещения затруднено. В ОП рекомендуется использовать ЛЛ типа ЛДЦ и добавлять к ним 30 % зеркальных ЛН или ГЛН.

В реставрационных мастерских изделий прикладного искусства предусматривается в основном общее освещение, совмещаемое с местным.

Требования к источникам питания и осветительным сетям. По степени обеспечения надежности электроснабжения комплексы электроприемников музеев и выставок относятся к следующим категориям:

музеи союзного значения — к первой категории;

остальные музеи и выставки — ко второй категории.

Во всех музеях и выставках РО каждого зала рекомендуется питать не менее чем двумя самостоятельными групповыми линиями.

Если музеи рассчитаны на одновременное пребывание в них более 50 человек, эвакуационное освещение должно устраиваться по основным путям движения посетителей, в проходах и на лестницах. При одновременном числе посетителей в музеях более 800 человек должна быть предусмотрена аккумуляторная установка для питания или автоматического переключения на нее ОП ЭО.

В музеях, рассчитанных на одновременное пребывание в них более 100 человек, путь к выходу из здания из любого экспозиционного помещения должен быть отмечен СУ, присоединенными к сети ЭО.

Групповые сети в художественных и исторических музеях и выставках союзного значения должны выполняться проводниками с медными жилами. Для групповых сетей в остальных случаях и для питающих сетей во всех музеях допускаются провода и кабели с алюминиевыми жилами.

В экспозиционных залах применение открытой электропроводки допускается, как правило, только при возможности скрытого от посетителей размещения проводки в карнизах и других строительных конструкциях или вдоль архитектурных линий. В остальных случаях следует применять скрытую сменяемую проводку.

Групповая сеть может быть выполнена в виде осветительных шинопроводов, к которым непосредственно крепятся ОП, что наиболее целесообразно при осуществлении гибких трансформирующихся систем освещения.

Оперативное управление общим рабочим освещением экспозиционных помещений должно, как правило,

проводиться со щитков, а освещением вспомогательных помещений — местными выключателями. Во всех экспозиционных залах должна быть отдельно выделена включаемая с общих щитков часть рабочего освещения, используемая в периоды уборки помещений и рассчитанная на создание освещенности не менее 10 лк. Местное освещение экспонатов должно независимо от управления со щитков иметь местные выключатели или же подключаться через розетки.

13.10. ВИТРИНЫ

По своему назначению витрины делятся на витрины для предприятий торговли и для музеев и выставок. Местное освещение витрин должно создавать возможность полноценного осмотра и качественного восприятия выставленных предметов при обеспечении всех количественных и качественных показателей ОУ, а также гармонировать с освещением окружающих помещений.

Витрины для предприятий торговли. Освещение витрин должно создавать оптимальные условия для осмотра выставленных товаров, акцентировать внимание на экспонатах, способствовать выразительности восприятия их формы, фактуры, цвета и всей экспозиции в целом, а также быть увязанными с освещением примыкающих к витрине помещений [13.45].

Конструктивно витрины предприятий торговли делятся на три основных типа: витрины-ленты, витрины-окна и отдельно стоящие витрины. По расположению

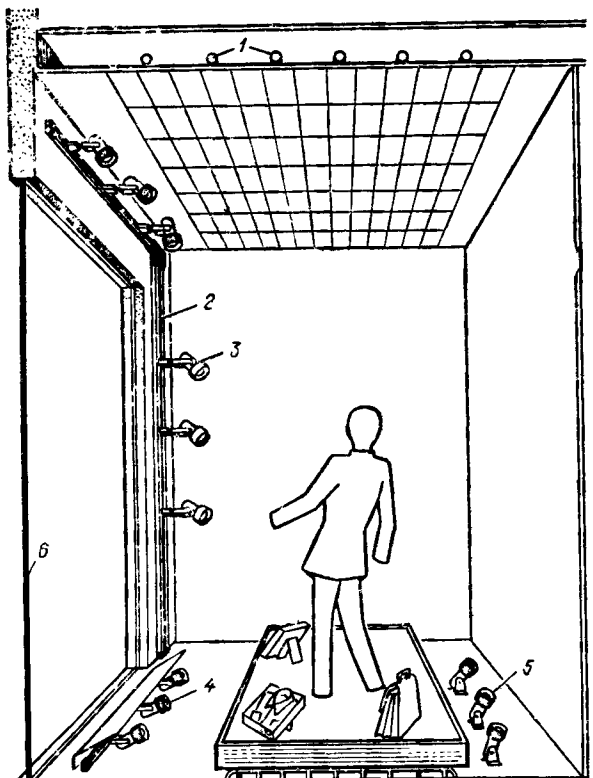


Рис. 13.60. Комбинированное освещение торговой витрины.

1 — люминесцентные лампы, размещенные за светорассеивающим материалом (опаловое оргстекло, экранирующие решетки и др.); *2* — шинопровод или специальная конструкция для питания и крепления светильников; *3, 4, 5* — светильники с зеркальными лампами накаливания; *6* — остекление витрины.

Таблица 13.30. **Нормы освещенности витрин**

Категории улиц и дорог и виды площадей	Средняя освещенность, лк		
	Характеристика товаров по фону		
	Светлый (фарфор, белье, косметика)	Средний (продукты, книги)	Темный (ткани, меха)
Магистральные улицы общегородского значения, площади главные, перед крупными общественными зданиями и сооружениями, у торговых центров и рынков, вокзальные	500	750	1000
Магистральные улицы районного значения, площади жилых и промышленных районов	400	500	750
Улицы и дороги местного значения пешеходные дороги	300	400	500

Примечания: 1. В витринах крупнейших магазинов столиц нормы освещенности могут быть увеличены на две ступени по шкале освещенности [44].

2. В городах с численностью населения менее 250 тыс. чел нормы освещенности для витрин могут быть снижены на одну ступень.

3. В витринах со смешанными товарами нормы освещенности принимаются, как для товаров со средним фоном.

витрины делятся на наружные и внутренние. По характеру экспозиции витрины можно разделить на витрины с экспозицией товара с фоном и без фона, витрины со световой рекламой, сквозные витрины без выкладки товара. По характеру выкладки товаров экспозицию можно разделить на группы с горизонтальной, вертикальной и комбинированной выкладками.

В витринах предприятий торговли нормируется средняя освещенность в плоскости расположения товаров в зависимости от категории улиц, дорог и вида площадей города, на которых расположено здание. При этом отношение наибольшей освещенности на расчетной плоскости к наименьшей не должно превышать 3 : 1.

Для создания определенного художественного эффекта могут быть допущены отступления в отношении как степени равномерности, так и значения освещенности.

Нормируемые уровни освещенности на расчетной плоскости витрин предприятий торговли при любых ИС приведены в табл. 13.30 [13.46].

В витринах применяется система комбинированного освещения — общее и дополнительное (рис. 13.60) или только общее или дополнительное.

Общее освещение витрин следует выполнять осветительными устройствами и ОП преимущественно прямого света, размещенными в верхней зоне витрин. Дополнительное освещение товаров следует осуществлять ОП концентрированного и глубокого светораспределения, установленными на полу или потолке витрины у наружного остекления либо на его переплетах. При необходимости можно дополнительно подсвечивать фон витрины с помощью ОП, смонтированных на полу или потолке у задней стенки витрин.

Для общего освещения витрины следует, как правило, применять ЛЛ, установленные за светорассеивающим материалом либо экранирующими решетками или планками. При освещении ювелирных, хрустальных и тому подобных изделий, для которых требуется направ-

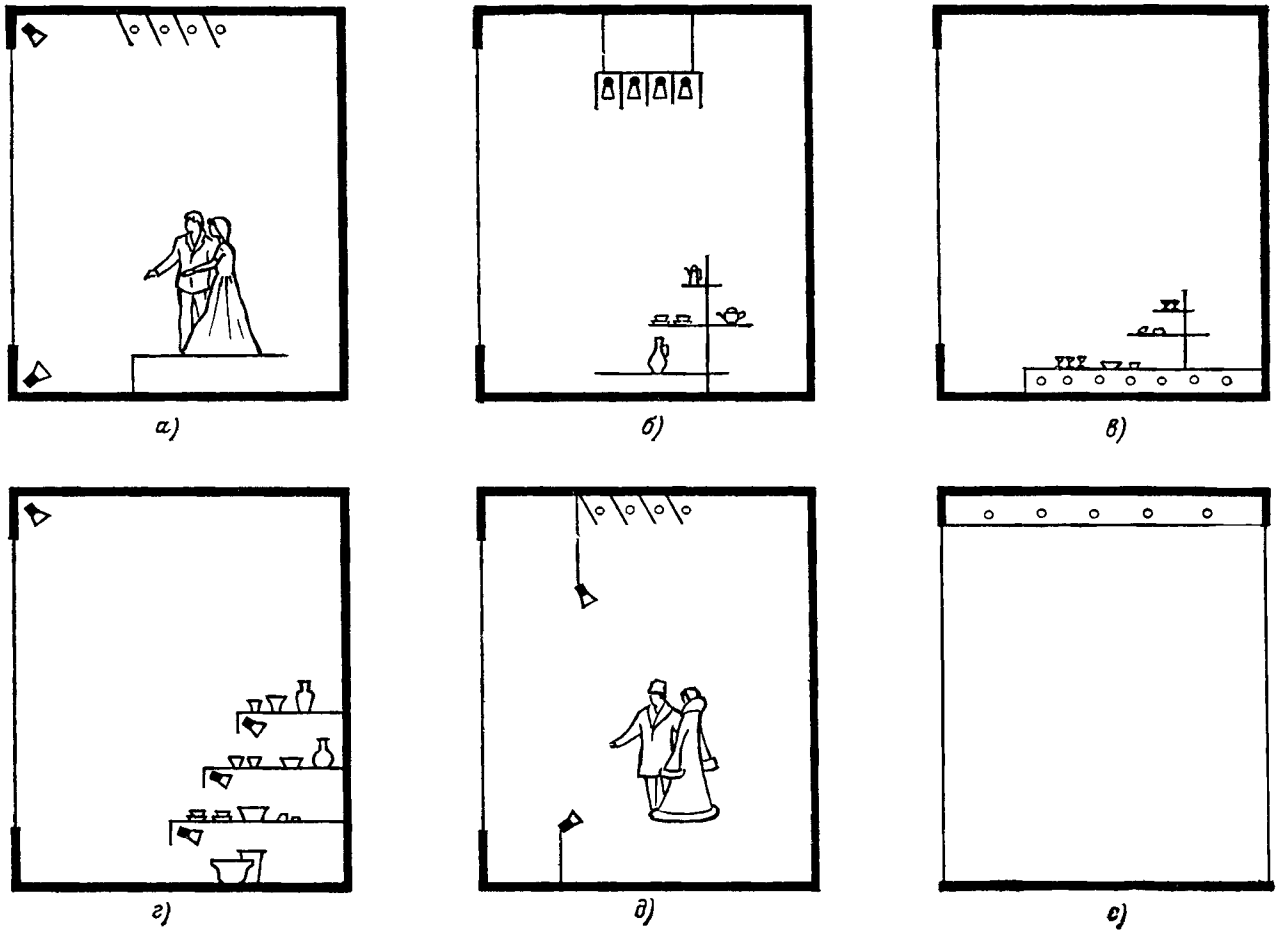


Рис. 13.61. Различные приемы освещения витрин.

ленное освещение, целесообразно применять зеркальные ЛН. Для дополнительного освещения товаров рекомендуется использовать ЛН, в том числе зеркальные типов ЗС и ЗК, а также с диффузным отражающим слоем, установленные в арматуре. Рекомендуется устанавливать настенные, настольные и напольные ОП.

В зависимости от характера экспозиции и художественного оформления витрины можно использовать приемы освещения, иллюстрируемые рис. 13.61 и П.10, *а* [13.45]:

1) комбинированное освещение (рис. 13.61, *а*). Для общего освещения применяются ОП или световой потолок с ЛЛ, для дополнительного направленного — ОП с ЛН, установленные на верхней и нижней передних кромках витрины;

2) освещение подвесными ОП с ЛН, размещенными в средней зоне витрины (рис. 13.61, *б*). Общее верхнее освещение витрины отсутствует;

3) освещение световым полом (рис. 13.61, *в*). В нижней части витрины устанавливается низкий подиум, покрытый светорассеивающим материалом, внутри которого размещаются ЛЛ. Светящая поверхность может быть частично закрыта непрозрачными экранами для выделения группы предметов. Общее освещение витрины отсутствует;

4) освещение экспонатов ОП направленного света либо зеркальными ЛН типа ЗС, размещенными в конструкции стендов и верхней передней кромке витрины (рис. 13.61, *г*);

5) комбинацию общего и направленного освещения, отличающуюся от приема 1) тем, что ОП направленного света устанавливаются в витринном пространстве среди экспонатов (рис. 13.61, *д*);

6) только верхнее общее освещение ЛЛ, перекрытыми рассеивателями (рис. 13.61, *е*), предназначенное для витрин без товарной экспозиции и без рекламы. Интерьер магазина открыт для обозрения с улицы.

Рекомендуемые приемы освещения для различных товаров приведены в табл. 13.31.

Для расчета мощности ОУ с ЛЛ, перекрытыми экранирующими решетками или экранирующими планками, либо с зеркальными ЛН, размещенными равномерно в верхней зоне витрины, следует пользоваться таблицами удельной мощности (табл. 13.32 и 13.33).

Выбор ИС для обеспечения правильной цветопередачи выставленных товаров рассмотрен в § 13.6.

Для ограничения слепящего действия в направлениях наблюдения со стороны улицы или помещения ИС, расположенные в верхней зоне витрин, должны быть защищены экранами или рассеивателями так, чтобы защитный угол в этих направлениях был не менее 30° для ИС, установленных на высоте более 3 м над полом витрины, и 45° — для высоты менее 3 м.

Источники света и ОП, размещенные в средней и

Таблица 13.31. **Приемы освещения витрины с различными товарами**

Группа товаров	Прием освещения по рис. 13.61					
	без фона			с фоном		
	Характер выкладки					
	Горизонтальная	Вертикальная	Комбинированная	Горизонтальная	Вертикальная	Комбинированная
Одежда, ткани, белье	—	*а*	*а*	—	*а*	*а, д*
Обувь, головные уборы	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*
Книги, канцтовары	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*
Фарфор, фаянс, хрусталь, косметика, парфюмерия	—	—	—	*в, б, г*	*а, д*	*а, д*
Хозяйственные и спортивные товары, электротовары	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*
Ювелирные изделия, часы	—	—	—	*д, б*	*д, а*	*д, а*
Телевизоры, радиотовары	*а*	—	—	*а*	—	—
Цветы	*а, д*	*а, д*	*а, д*	—	—	—
Меха	—	*а*	*д*	—	—	—
Игрушки	*а*	*а*	*а*	*а*	*а*	*д*
Продовольственные товары	*б*	*а*	*а*	*б*	*а*	*а*

Таблица 13.32. **Удельная мощность осветительных установок с люминесцентными лампами**

Высота до расчетной плоскости, м	Удельная мощность, Вт/м, при освещенности, лк				
	300	400	500	750	1000
До 2	48 / 43	61 / 59	76 / 74	121 / 119	157 / 142
До 3	74 / 66	100 / 87	126 / 109	193 / 165	280 / 256
До 3,5	83 / 71	111 / 93	142 / 117	202 / 177	310 / 270

Примечания: 1. В числителе — для ЛЛ с экранирующими решетками, в знаменателе — для ЛЛ с экранирующими плаиками.

2. Приведены значения удельных мощностей для ЛЛ типа ЛБ мощностью 40 Вт (расчетный световой поток 3000 лм).

Таблица 13.33. **Удельная мощность в ОУ с зеркальными ЛН, установленными за экранирующими плаиками**

Высота до расчетной плоскости, м	Удельная мощность, Вт/ м, при освещенности, лк		
	300	400	500
До 2	135 / 150	180 / 200	225 / 250
Свыше 2 до 3	159 / 180	210 / 240	265 / 300

Примечание. В числителе — для зеркальных ламп концентрированного светораспределения, в знаменателе — для зеркальных ламп среднего светораспределения.

нижней зонах витрин, следует перекрывать экранами или рассеивателями так, чтобы светящие поверхности открытых ИС не были видны из зоны высотой до 2 м от уровня тротуара улицы. Допускается открытая установка в витринах ЛН мощностью до 100 Вт, включенных на напряжение до 60 % номинального.

Для исключения бликов и отражений на наружном стекле витрины, создаваемых движущимися объектами, небосводом, ОП наружного освещения и мешающих

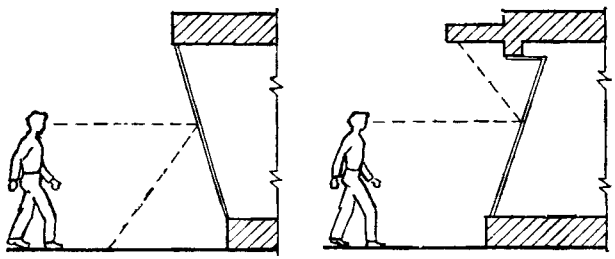


Рис. 13.62. Варианты установки остекления витрин для исключения бликов, отражений объектов, небосвода, светильников.

осмотру выставленных товаров, стекло витрины желательно устанавливать под небольшим углом к вертикали (до 20°), а также предусматривать козырек над витриной (рис. 13.62). Для исключения зеркального отражения от задней стены остекления витрины следует применять матовые материалы для этой поверхности либо устанавливать экраны и рассеиватели, используя конструктивные элементы витрины.

Витрины относятся к непожароопасным помещениям с нормальными условиями среды. В отношении поражения электрическим током витрины, конструкция которых содержит металлические элементы, приравниваются к помещениям с повышенной опасностью за исключением орошаемых витрин, которые относятся к особо опасным помещениям. Несмотря на это, в витринах, кроме орошаемых, разрешается использовать открытые ОП, рассчитанные на нормальное напряжение, поскольку их эксплуатация осуществляется специальным персоналом.

Питание ОУ витрин следует выполнять от внутренней сети освещения здания самостоятельными, не связанными с общим освещением помещений групповыми линиями.

Освещение витрин должно иметь ручное и автоматическое управление. Последнее должно обеспечивать включение освещения в зависимости от естественной освещенности или по заданному времени (графику) и отключение в заданное время. Ручное управление необходимо производить изнутри и снаружи здания, оно также должно быть недоступно для посторонних.

Для возможности гибкого управления освещением при замене экспозиции целесообразно ОП дополнительного освещения монтировать на шинопроводах. Кроме того, в витринах должна быть предусмотрена установка розеток, размещенных на стене, в нижней части витрины.

Витрины в музеях и на выставках разделяются на отдельно стоящие островные витрины, пристенные, настенные и напольные.

Уровни освещенности для витрин выбираются в зависимости от светостойкости музейных экспонатов (см. § 13.9) и общего освещения помещения, в котором установлены витрины (табл. 13.34).

Оптимальное соотношение яркости объектов различения и фона, обеспечивающее качественное восприятие

Таблица 13.34. **Рекомендуемые уровни освещенности в плоскости расположения выставленных экспонатов**

Степень светостойкости	Примеры экспонатов	Рекомендуемые уровни освещенности, лк[1], не более
Высокая	Металлы и их сплавы, керамика, минералы, ювелирные изделия, стекло, фарфор, эмали	500
Умеренная	Изделия из дерева и слоновой кости, рог, натуральная кожа, клеевая краска, лаки, картины, написанные маслом	150[2]
Низкая	Акварели, ткани, бумага, эстампы, рукописи, миниатюра, окрашенные кожи, памятники естественной истории	50[2]

[1] Для исключения повышения освещенности на экспонируемых объектах коэффициент запаса при расчете не вводится.
[2] Уровни освещенности должны быть выше на одну-две ступени, чем общая освещенность в залах.

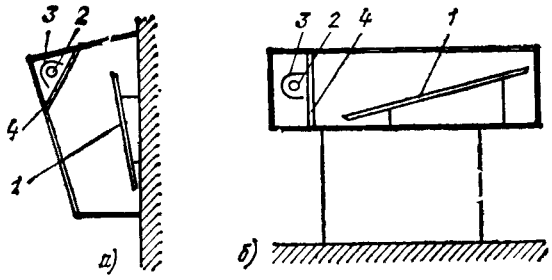


Рис. 13.63. Примеры освещения настенных и напольных витрин.
а — плоских настенных; *б* — напольных с мелкими экспонатами; *1* — экспозиция; *2* — источник света; *3* — отражатель; *4* — защитное стекло.

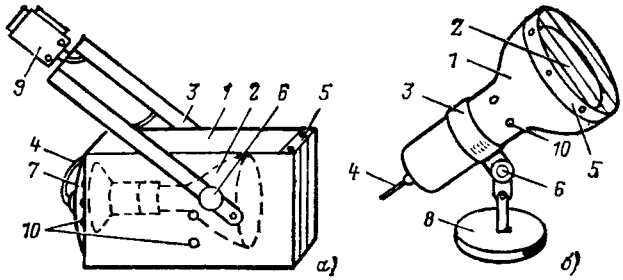


Рис. 13.64. Светильники с ЛН для освещения экспонатов витрин музеев.
а — с зеркальной ЛН мощностью до 100 Вт для установки на шинопроводе; *б* — то же до 60 Вт для установки на полу; *1* — корпус; *2* — ИС; *3* — хомут; *4* — провод питания; *5* — кассета с фильтрами; *6* — узел крепления и поворота; *7* — съемная крышка; *8* — основание; *9* — токосъемник для установки на шинопроводе; *10* — вентиляционные отверстия.

формы и деталей экспонатов в зависимости от тематико-экспозиционного замысла, должно быть в пределах 3 : 1 — 10 : 1.

Для витрин рекомендуется в качестве ИС применять ЛН с зеркальной и диффузной колбами, миниатюрные и свечеобразные лампы, ГЛН и ЛЛ (см. также § 13.9).

В витринах музеев и выставок должна использоваться, как правило, система комбинированного освещения, в которой наряду с ОП общего освещения применяются приборы концентрированного светораспределения, а также проекционные приборы. В отдельных небольших настенных и напольных витринах возможно выполнять только общее освещение либо ЛН, либо ЛЛ, размещенными в верхней зоне витрины и перекрытыми органическим стеклом (рис. 13.63, П-10, *д*). Для освещения хрустальных, стеклянных и тому подобных изделий ИС можно размещать в нижней зоне витрины, устанавливая экспонаты на подставки из силикатного или органического стекла (см. рис. 13.61, *в*). Для освещения экспонатов можно использовать ОП, разработанные МНИИТЭП и СКТБ «Театральная техника», снабженные кассетой с фильтрами, поглощающими УФ и ИК области спектра, имеющие возможность поворота как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях и устанавливаемые либо на шинопроводе, либо на полу (рис. 13.64).

Для общего освещения витрин целесообразно использовать комплектные осветительные устройства со щелевыми световодами.

При освещении особо ценных экспонатов, имеющих небольшие размеры (ювелирные изделия), возможно использовать стекловолоконную систему специального изготовления, состоящую из вводного устройства с ИС, размещенными вне витрины, стекловолоконного световода, располагаемого внутри на конструкции витрины, и оптического устройства на выходе световода, позволяющего формировать световой поток. Размещение ИС вне полости витрины улучшает тепловой режим внутри витрины, эксплуатацию установки, обеспечивает удобство применения различных фильтров, в том числе цветных.

Для защиты экспонатов от воздействия инфракрасной и ультрафиолетовой частей спектра излучения источников света должны применяться абсорбционные фильтры из стекол марки БС-8 (для поглощения ультрафиолетовой области спектра) и СЗС-24 (для поглощения инфракрасной области спектра).

13.11. СПОРТИВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Принципы спортивного освещения. Создание рационального спортивного освещения является сложной и противоречивой задачей, требующей в первую очередь обеспечения оптимальных зрительных условий для спортсменов, зрителей и судей. Для спортсменов система освещения должна обеспечить возможность быстрого и надежного различения объекта наблюдения (мяча, шайбы, снаряда и т. д.), как правило, быстро движущегося на фоне переменной яркости, причем угловые размеры объекта наблюдения могут изменяться в широких пределах, а сам наблюдатель также чаще всего быстро движется в произвольном направлении. При этом для мгновенного выбора правильного решения спортсмену необходимо не только фиксировать местоположение объекта наблюдения, но и оценить характер его движения — направление вращения мяча, его возможную траекторию и так далее, а также иметь возможность координировать свои действия с положением и действиями других спортсменов в пределах игрового поля. Для неигровых видов спорта полноценное освещение не только позволяет выполнить необходимую спортивную программу, но и уменьшает возможность травматизма. Для зрителей и судей также необходима быстрая зрительная фиксация происходящих спортивных событий, часто связанная с увеличением расстояния наблюдения, особенно на крупных сооружениях, где расстояние наблюдения достигает нескольких сотен метров, а угловой размер объекта составляет несколько угловых минут. Наряду с этим, учитывая зрелищность спортивных соревнований, должны быть обеспечены

комфортные условия для зрителей: не только достаточные уровни яркости наблюдаемых объектов и равномерность распределения света, но и ограничение слепящего действия ИС и правильная цветопередача. Реализация этих общих требований для разных видов спорта осуществляется различными путями.

Открытые, а в ряде случаев и закрытые спортивные сооружения можно подразделить на плоскостные сооружения, где спортсмены находятся все время на горизонтальной плоскости, и на объемные, где спортсмены перемещаются в некотором пространстве (трамплины для прыжков на лыжах, бассейны для прыжков в воду и т. п.). Кроме того, по характеру движений спортсменов виды спорта, а соответственно и сооружения для них делятся на игровые и неигровые. Игровые виды спорта бывают «наземные» и «воздушные». Наземными играми считаются те, в которых объект наблюдения (мяч, шайба) движется по земле или вблизи нее, а линия зрения спортсменов обычно горизонтальна или направлена ниже горизонта (хоккей, городки и т. п.). Воздушные игры — игры, где объекты наблюдения перемещаются в пространстве над игровой площадкой, а линия зрения спортсменов часто бывает направлена выше горизонта. Сюда относится большинство игр (футбол, баскетбол, волейбол, теннис, бадминтон и др.). Освещение сооружений для неигровых видов спорта сильно отличается одно от другого в зависимости от того, имеет ли линия зрения спортсменов постоянное направление (стрельба, бег) или оно меняется.

Иногда установка спортивного освещения должна удовлетворять нескольким, подчас противоречивым требованиям. Особенно часто это бывает при освещении комбинированных и многоцелевых спортивных сооружений. Однако любая спортивная ОУ должна обеспечивать спортсменам возможность полноценно заниматься данным видом спорта, а зрителям и судьям — следить за ходом спортивной борьбы. При этом принимаются во внимание размеры и значимость спортивного сооружения, что также влияет на выбор количественных и качественных показателей освещения.

За последние годы значительно возросло количество спортивных соревнований, передаваемых по цветному телевидению. Требования, предъявляемые к освещению спортивных сооружений для передач цветного телевидения, имеют свою специфику. Это связано с ограниченной интегральной светочувствительностью телевизионных камер и передаваемого ими диапазона яркостей, а также с их цветопередающими свойствами (см. § 13.12). Для реализации этих требований регламентируются основные параметры систем спортивного освещения: уровень горизонтальной и вертикальной освещенности и неравномерность ее распределения; ограничение слепящего действия и пульсации освещенности; спектральный состав излучения ИС.

В практике спортивного освещения освещенность принимается в качестве основного количественного показателя установки, обеспечивающего требуемый уровень видимости. Для большинства видов спорта минимальная горизонтальная освещенность регламентируется как параметр, достаточно просто и полно характеризующий ОУ. Его обеспечение в заданных пределах при правильно выбранной системе освещения и типах ОП позволяет получить требуемые уровни освещенности и в вертикальных плоскостях. Однако в ряде видов спорта, особенно «воздушных», а также там, где объект наблюдения расположен в вертикальной плоскости (например, в стрельбе), нормируется также вертикальная освещенность. Поскольку видимость объекта для спортсменов, зрителей и телевизионных систем определяется соотношениями световых потоков, падающих на объект в различных направлениях и создающих моделирующие эффекты, при проектировании систем освещения целесообразно учитывать соотношение освещенностей в различных вертикальных плоскостях. При передачах цветного телевидения соотношение освещенностей в горизонтальной и вертикальных плоскостях не должно превышать 1 : 2.

В табл. 13.35 приведены минимальные уровни освещенности для основных видов спорта на тренировках, а также необходимые уровни освещенности при проведении соревнований (см. [13.47]), но без учета возможности передач соревнований по телевидению.

Указанные в таблице значения освещенностей не зависят от типа ИС. Однако при освещении крытых спортивных сооружений ЛН допускается снижение освещенности на одну ступень, кроме освещения стрелковых галерей, огневых зон и мишеней в тирах.

Различие в рекомендуемых значениях освещенности для одного и того же вида спорта в крытых и открытых спортивных сооружениях определяется экономическими соображениями, а также тем, что крытые сооружения, особенно демонстрационные, строятся, как правило, для комбинированного использования, и норма освещенности при этом определяется наиболее сложным видом спорта.

Для передач цветного телевидения с мест соревнований необходимо обеспечить вертикальную освещенность не менее 1000 лк на плоскостях, вектор нормали которых обращен к телевизионной камере. В случае произвольного размещения телекамер с различных сторон спортивной арены нужно рассчитывать требуемый уровень освещенности по направлению к каждой камере, но для упрощения расчетов целесообразно проводить их лишь в четырех вертикальных плоскостях, параллельных продольной и поперечной осям арены в точках, лежащих на высоте 1 м от арены. При этом освещенности в плоскостях, обращенных к камерам, оказываются в необходимых пределах.

Не меньшее значение для обеспечения требуемого уровня видимости имеет контраст объекта наблюдения с фоном. В практических условиях значение контраста может изменяться на несколько порядков. Так, при игре в теннис белый мяч попеременно может быть виден на фоне красного или желтого покрытия корта, окружающих корт зеленых насаждений или темного задника, ночного неба, светлой одежды игроков или ярких прожекторов. При этом яркость мяча, находящегося в различных зонах над кортом, меняется. Однако система освещения должна обеспечить такое распределение светового потока на корте и мяче, чтобы при любом игровом моменте контраст мяча с фоном был достаточен для надежного определения его положения, траектории и скорости движения, а также направления вращения. В спортивных залах влиять на контраст можно с помощью окраски стен и потолка в контрастные с объектом различения цвета и дополнительного освещения ограждающих конструкций. На открытых сооружениях эти задачи решаются сложнее, однако и здесь известный эффект может быть получен окраской окружающих изгородей, трибун и специальных фонов, а также целесообразным их освещением. С этой целью используется также контрастная окраска объектов различения (мяча, одежды игроков и т. д.). Например, в футбол играют пестрыми мячами, что делает их хорошо видимыми на самых различных фонах. Наиболее активным фактором, влияющим на контраст, является регламентация равномерности распределения освещенности. Практически установлено, что для всех спортивных игр неравномерность в горизонтальной или вертикальной плоскости должна быть не более 1 : 3, а для зимних видов спорта — 1 : 10—1 : 25. При телевизионных передачах с учетом контрастов, правильно передаваемых телевизионной системой, неравномерность должна быть не более 1 : 2.

Таблица 13.35. **Нормы освещенности для различных видов спорта**

Вид спорта	Класс игры или спортивного сооружения	Минимальная освещенность, лк			
		Открытые сооружения		Крытые сооружения	
		$E_г$	$E_в$	$E_г$	$E_в$
Футбол[1]	Тренировка	50	30[2]	300	100[2]
	Соревнования на стадионе с трибунами вместимостью от 1500 до 10 000 зрителей	100	50[2]	500	200[2]
	То же от 10 000 до 25 000 зрителей	200	75[2]	500	200[2]
	То же свыше 25 000 зрителей	400	100[2]	500	200[2]
Хоккей с шайбой[1]	Тренировка	100	—	500	—
	Соревнования	400	—	500	—
Хоккей с мячом[1], скоростной бег на коньках	Тренировка	50	—	—	—
	Соревнования	100—400[3]	—	—	—
Бадминтон, баскетбол, ручной мяч, волейбол[1]	Тренировка	50	30[2]	300	100[2]
	Соревнования	400	150[2]	500	200[2]
Теннис[1]	Тренировка	100	50[2]	300	100[2]
	Соревнования	400	150[2]	500	200[2]
Настольный теннис[1]	Тренировка	150	—	400	—
	Соревнования	—	—	500	—
Акробатика, гимнастика, фехтование	Тренировка	30	—	200	—
	Соревнования	400	—	500	—
Бокс, борьба	Тренировка	30	—	200	—
	Соревнования	—	—	1000	—
Легкая атлетика	Тренировка	30[5]—50[4]	10[7]—30[6]	150	—
	Соревнования	50—100[8]	—	—	—
Тяжелая атлетика	Тренировка	30	—	150	—
	Соревнования	—	—	200—500[3]	—
Плавание	Тренировка	100	—	150	—
	Соревнования	—	—	200—400[3]	—
Водное поло[1]	Тренировка	100	50[2]	200	100[2]
	Соревнования	—	—	200—400[3]	150—200[2, 3]
Прыжки в воду	Тренировка	100	50[6]	150	75[6]
	Соревнования	—	—	200—400[3]	100—150[3, 6]
Стрельба пулевая	Тренировка	—	—	75[10]	300[9]—500[8]
Стрелково-охотничий спорт на траншейных и круглых стендах	Тренировка	—	50[11]	—	—
Фигурное катание	Тренировка	—	—	500	—
	Соревнования	50	—	500	—
Велогонка на треке	Тренировка	400	—	—	—
Прыжки на лыжах с трамплина[1]	Тренировка	50	50[14]	—	—
Горнолыжный спорт	Тренировка	30[12]—75[13]	—	—	—
Скоростной бег на лыжах	Тренировка	30[15]	—	—	—
Массовое катание на лыжах	—	5[17]—20[16]	—	—	—
Массовое катание на коньках	—	2[17]—20[16]	—	—	—
		10[18]	—	—	—

[1] Коэффициент неравномерности освещенности открытых сооружений должен быть не менее 1 : 3.
[2] Вертикальная освещенность в плоскости, проходящей через продольную ось поля с обеих ее сторон.
[3] Освещенность выбирается в зависимости от вместимости трибун.
[4] Освещенность на основной части сектора, дорожки.
[5] То же на остальной части.
[6] Освещенность в зоне прыжка.
[7] Освещенность в зоне полета снаряда.
[8] Средняя освещенность в плоскости мишеней (с черным кругом и силуэтных) с коэффициентом неравномерности не менее 1 : 2.
[9] То же в плоскости движения мишени «бегущий кабан» в пределах «окна».
[10] В пределах огневой позиции.
[11] Освещенность в зоне полета мишеней.
[12] На поверхности стартовой площадки, горы разгона и горы приземления.
[13] На поверхности стола отрыва.
[14] В зоне траектории прыжка.
[15] Средняя освещенность с коэффициентом неравномерности не менее 1 : 5.
[16] Средняя освещенность в зоне старта и финиша, а также спусков с уклоном более 15°. Коэффициент неравномерности не менее 1 : 10.
[17] То же на остальных участках трассы. Коэффициент неравномерности не менее 1 : 25.
[18] Средняя освещенность с коэффициентом неравномерности не менее 1 : 10.

При передачах цветного телевидения должна быть обеспечена неравномерность не более 1 : 2 в четырех вертикальных плоскостях, параллельных продольной и поперечной осям спортивной арены, а также в горизонтальной плоскости. Кроме того, регламентируется соотношение вертикальной и горизонтальной освещенности в каждой точке поля в пределах 1 : 2. Для уменьшения контраста между полем и трибунами, являющимися при телевизионной передаче фоном, вертикальная освещенность в передних рядах трибун должна составлять не менее 30 %, а в задних — не менее 10 % нормированной для спортивной арены.

При отсутствии телевизионных передач уровни освещенности трибун спортивных сооружений следует принимать в крытых сооружениях 50 лк, а на открытых — не менее 10 % уровня освещенности, предусмотренной для соответствующего вида спорта и вместимости трибун сооружения (с учетом освещенности на трибунах, создаваемой установкой освещения спортивной площадки).

В отдельных случаях спортивная технология требует верхнего света (бокс, борьба, тяжелая атлетика). В этих случаях соотношение $E_в$ и $E_г$ не может быть выдержано в пределах 1 : 2 и достигает 1 : 3—1 : 4 и даже более, что следует считать допустимым.

Существенную роль в создании хороших условий зрительной работы спортсменов и зрителей играет ограничение слепящего действия ИС. Уменьшение слепящего действия ОУ достигается следующими способами: снижением яркости ОП или прожектора по направлению к глазу при помощи оптической системы, рассеивателей, экранирующих решеток, жалюзи; при-

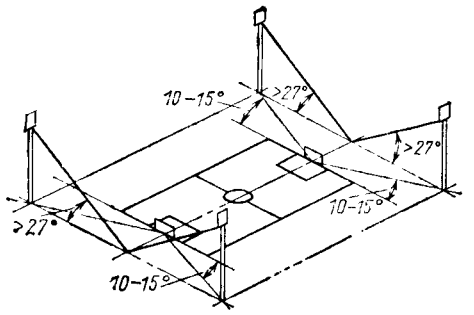


Рис. 13.65. Критерии для размещения прожекторных мачт при освещении стадиона.

менением рациональной системы освещения, т. е. размещением и направлением ОП в соответствии со спортивной технологией. Так, для большинства спортивных игр характерно продольное перемещение спортсменов и направления линии их зрения (баскетбол, теннис, футбол и др.). В связи с этим ОП должны располагаться в виде групп или линий, параллельных продольной оси игровой площадки, а для уменьшения слепящего действия их целесообразно максимально удалять от продольной оси игровой площадки. Это приводит к рекомендации использовать систему верхне-бокового освещения для большинства спортивных игр.

Для спортивных залов, в которых показатель ослепленности не должен превышать 60 [13.47], система верхне-бокового освещения является наиболее рациональной, размещение ОП на торцевых стенах или на потолке вблизи этих стен не допускается. При верхне-боковом освещении открытых спортивных сооружений ОП должны устанавливаться так, чтобы угол между поверхностью игрового поля сооружения и перпендикуляром, опущенным из оптического центра ОП на продольную ось сооружения, был не менее 27° (рис. 13.65). Высота установки ОП должна быть не менее 10 м. При этом за счет существенного удаления блеских ИС от основного направления линии зрения спортсменов и зрителей удается снизить слепящее действие до приемлемых уровней. Поэтому несмотря на то, что в ряде случаев (особенно для крупных стадионов) выполнение этих требований связано с большими экономическими затратами и созданием сложных инженерных сооружений, они должны выполняться.

Для небольших стадионов и спортивных площадок из экономических соображений допускается применение верхнего освещения, однако при этом высота установки ОП должна быть не менее 12 м для волейбола и тенниса, 8 м для бадминтона, баскетбола и ручного мяча и 6 м для хоккея. Кроме того, применяемые ОП должны иметь защитный угол не менее 30°. Снижение слепящего действия достигается также повышением яркости адаптации спортсменов и зрителей путем уменьшения неравномерности распределения яркости

Таблица 13.36. Основные требования к освещению спортивных сооружений при проведении цветных телевизионных передач

Нормируемый параметр	Значение
Минимальная освещенность в вертикальной плоскости $E_{вmin}$, лк	1000
Допустимая неравномерность распределения освещенности в вертикальной плоскости $E_{вmin}:E_{вmax}$	1:2
Допустимая неравномерность распределения освещенности в горизонтальной плоскости $E_{гmin}:E_{гmax}$	1:2
Допустимое соотношение освещенностей в вертикальной и горизонтальной плоскостях $E_в:E_г$	1:2
Цветовая температура излучения ИС, К:	
на открытых стадионах и в крытых сооружениях, где возможен естественный свет	6000
в крытых сооружениях без естественного света	3200 (рекомендуется), 6000 (допускается)
Индекс цветопередачи R_a	⩾75

в поле зрения: освещением трибун для зрителей, окраской стен и потолков спортивных залов в светлые тона, направлением части светового потока ОП в спортивных залах в верхнюю полусферу.

Для получения высококачественного цветного телевизионного изображения применяют ИС со спектральным составом излучения, достаточно близким к дневному. Это позволяет для открытых спортивных сооружений и залов со светопроемами дневного света переходить от естественного к искусственному освещению в ходе соревнования без существенной перестройки телекамер. Для спортивных сооружений, с которых осуществляются цветные телерепортажи, регламентируется применение ИС с цветовой температурой $T_{цв}=(6000\pm500)$ К и индексом цветопередачи $R_a\geqslant75$ (см. § 13.12). Для прочих спортивных сооружений, предназначенных для тренировочных занятий и соревнований без цветных телерепортажей, цветопередающие свойства ОУ не являются критичными, а их повышение существенно увеличивает стоимость установок. Основные требования к освещению спортивных сооружений при проведении цветных телевизионных передач приведены в табл. 13.36.

Нормирование освещенности для школьных спортивных залов приведено в § 13.4, а для территорий стадионов — в [4].

Осветительные средства. Основными критериями для выбора оптимального ОП являются светотехнические параметры, эксплуатационные характеристики, экономические показатели и конструктивные особенности ОУ, позволяющие наиболее рационально решать задачу освещения. Оценка ОП по этим критериям во многом определяется достоинствами и недостатками используемых в них ИС. Можно считать установившимися следующие области применения ИС; ЛН и ГЛН — небольшие и временные ОУ открытых и закрытых спортсооружений; ЛЛ — тренировочные залы; ДРЛ — тренировочные площадки и малые спортзалы при отсутствии требований к цветопередаче; МГЛ — крупные стадионы и спортзалы, особенно при передачах цветного телевидения.

Часто экономически целесообразно использовать ЛН, включая ГЛН на повышенное напряжение, особенно когда ОУ работает всего несколько сотен часов в течение года. Экономические расчеты и практика показывают, что если годовое число часов работы ме-

Таблица 13.37. Параметры осветительных приборов, используемых для освещения спортивных сооружений

Тип прожектора, светильника[1]	Тип ИС	Мощность, Вт	Напряжение, В	Сила света, кКд	Угол рассеяния 2α до 0,1 I_{max}		КПД, %	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Область применения[2]
					Плоскость							
					горизонтальная	вертикальная		Длина	Ширина	Высота		
Прожекторы												
ПГП-3500	ДРИ 3500	3500	380	2800	18°	18°	30	910	960	1150	68	Крупные открытые стадионы с обеспечением передач цветного телевидения
ПГП-2000	ДРИ 2000-1	2000	380	1820	20	20	30	910	960	1150	68	
ПГП-1000	ДРИ 1000	1000	220	1200	18	18	30	860	720	950	56	
ПГП-400	ДРИ 400	400	220	615	14	14	30	860	720	950	56	
ПГЦ-3500-1	ДРИ 3500	3500	380	890	80	20	45	460	840	885	50	Крупные открытые и крытые стадионы и спортзалы с обеспечением передач цветного телевидения
ПГЦ-3500-2	ДРИ 3500	3500	380	200	100	90	60	460	840	885	50	
ПГЦ-2000-1	ДРИ 2000-1	2000	380	535	80	20	45	460	840	885	50	
ПГЦ-2000-2	ДРИ 2000-1	2000	380	115	100	90	60	460	840	885	50	
ПГЦ-1000-1	ДРИ 1000	1000	220	145	80	25	45	400	700	730	40	Средние спортзалы с обеспечением передач цветного телевидения
ПГЦ-1000-2	ДРИ 1000	1000	220	45	100	90	60	400	700	730	40	
ПГЦ-400-1	ДРИ 400	400	220	60	75	20	45	400	700	730	40	
ПГЦ-400-2	ДРИ 400	400	220	20	100	90	60	400	700	730	40	
Светильники												
СЗЛ-300-1	ЗК 220-300-1	300	220	—	Концентрированное симметричное светораспределение		85	380×300×290			6	Спортплощадки: закрытое исполнение, поворотная конструкция светильников
ЛПО25 2×40	ЛБ 40	2×40	220	—	Косинусное светораспределение		50	1372×350×164			15	Игровые залы. Защитная решетка от удара мячом. Для индивидуальной установки

[1] Типы прожекторов и светильников, приведенных в таблице, имеют исполнение IP54.
[2] Для освещения спортивных сооружений кроме указанных в таблице могут использоваться и другие прожекторы (например, типов ПКН, ПЗС и др.) и светильники (например, потолочные с ЛЛ с дополнительно установленной защитной решеткой).

нее 200, целесообразно, чтобы рабочее напряжение на 10 % превышало номинальное, что позволяет увеличить световой поток приблизительно на 35 % при увеличении мощности ИС на 15 %. Срок службы ИС при этом сокращается на 70 %, например вместо 1000 ч будет составлять 300 ч, что все же превышает годовое число часов работы ОУ. Если ОУ эксплуатируется от 200 до 500 ч в год, рекомендуется, чтобы рабочее напряжение было на 5 % больше номинального. При этом световой поток увеличивается примерно на 17 %, мощность ламп на 7 %, а средний срок службы сокращается на 50 %. Если ОУ действует ежегодно свыше 500 ч, рекомендуется использовать номинальное напряжение.

При использовании ГЛ значение коэффициента пульсации освещенности для закрытых спортпомещений не должно превышать 20 % [13.47]. Для открытых сооружений эта величина не нормируется, однако следует принимать меры для ее ограничения путем подключения смежных ОП к разным фазам сети.

При выборе типа ОП следует иметь в виду, что применение прожекторов связано с более высокими материальными затратами, чем применение обычных светильников. Использование прожекторов экономически целесообразно в любом спортивном сооружении, в котором ОП расположены на значительном удалении от игровой площадки. При необходимости максимальной концентрации светового потока для освещения удаленных поверхностей (спортивной арены стадиона с высоких мачт) применяются прожекторы с параболоидными отражателями и ИС, имеющими относительно малые размеры [13.48]. В том случае, когда большие требования предъявляются не к концентрации светового потока, а к равномерности распределения его в пространстве, могут быть использованы, например, прожекторы с параболоцилиндрическими отражателями с зеркальной или структурной отражающей поверхностью.

Для освещения малых спортивных залов, где отсутствует необходимость телевизионных передач, рекомендуется применять ОП с ЛН, ДРЛ и особенно с ЛЛ. В игровых спортивных залах ОП должны защищаться от удара мячом с помощью специальных решеток или в них должны устанавливаться рассеиватели из ударопрочных материалов (поликарбоната, ацетобутирата целлюлозы).

В табл. 13.37 приведены параметры ОП, предназначенных для освещения спортивных сооружений, дающие возможность выбора рационального типа для конкретной ОУ. Прожекторы ПГП и ПГЦ с МГЛ являются наиболее экономичными и высокоэффективными ОП для крытых и открытых спортсооружений. Они разработаны для освещения спортивных сооружений Олимпиады-80 при повышенных требованиях по цветопередаче объектов во время цветных телевизионных репортажей. Прожекторы ПГП (рис. П.15, *а*) имеют параболоидный зеркальный отражатель, прожекторы ПГЦ (рис. П.15, *б*) — параболоцилиндрический с зеркальной поверхностью (тип 1) или с ячеистой поверхностью (тип 2), увеличивающей угол рассеяния светового пучка в вертикальной плоскости. Для снижения слепящего действия прожекторы ПГП и ПГЦ могут снабжаться жалюзийными экранирующими решетками. Все прожекторы снабжены высоковольтными блоками мгновенного перезажигания ламп в горячем состоянии, смонтированными непосредственно на прожекторах и обеспечивающими высокую степень надежности работы ОУ. Так как электропитание освещения стадионов осуществляется линиями высокого напряжения от двух независимых источников, то в случае неисправности в одном из них, срабатывании автоматической защиты и

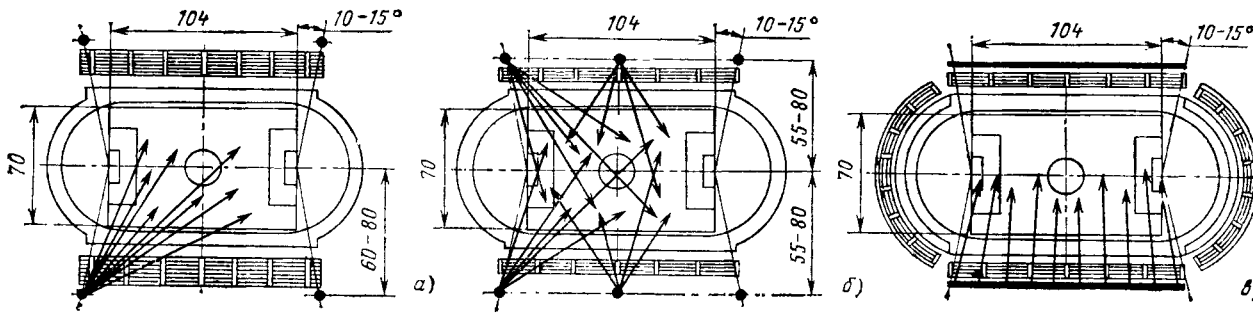


Рис. 13.66. Схемы освещения стадионов для игры в футбол (размеры в метрах).
а — система четырех мачт; *б* — система шести мачт; *в* — линейная система.

при переходе на «второе питание» с помощью АВР блоки мгновенного перезажигания автоматически вырабатывают высоковольтные (до 60 кВ) импульсы и обеспечивают нормальную работу ламп.

Методы освещения. Могут быть выделены следующие основные приемы и методы освещения наиболее характерных и распространенных спортсооружений.

Открытые спортсооружения. К этой группе относятся разнообразные объекты — от крупных стадионов до дворовых спортплощадок. Разумеется, применяемые методы и средства освещения должны быть различными [13.49].

Футбольные стадионы. При освещении этих стадионов применяются мачтовые, линейные либо смешанные системы.

Мачтовые системы нашли широкое распространение в основном в варианте использования четырех опор, установленных по углам поля в зонах, указанных на схеме рис. 13.66, *а*. Практика показывает, что в этом случае основные требования к освещению могут быть выполнены, однако системе свойственны и недостатки: для ограничения слепящего действия прожекторов требуется существенно увеличивать высоту мачт. В зависимости от места расположения мачт она может достигать 80 м и более, что существенно увеличивает стоимость строительных работ. Недостатком системы является также наличие четырех теней от освещаемых объектов (спортсменов, спортивного оборудования). Поэтому четырехмачтовая система для освещения многофункциональных полей иногда применяется в сочетании с группами прожекторов, установленных на специальных козырьках, опорах или других строительных элементах и служащих для улучшения качественных показателей ОУ. Как пример может быть приведена система освещения Большой спортивной арены Центрального стадиона им. В. И. Ленина в Москве (рис. П. 14, *б*), состоящая из 772 прожекторов типа ПГП 3500, установленных на четырех мачтах высотой 80 м, а также двух групп по 72 прожектора типа ПГП-2000, смонтированных на козырьке. Прожекторы на козырьке трибун при игре в футбол не включаются, а служат для улучшения равномерности распределения вертикальных освещенностей при телевизионных передачах легкоатлетических соревнований и спортивных праздников. Переход к большему количеству мачт (6, 8 и более) упрощает получение регламентируемых показателей освещения, однако увеличивает стоимость ОУ. Такой способ используется при освещении небольших спортплощадок, где высота мачт невелика (рис. 13.66, *б*).

Линейные системы предусматривают установку прожекторов вдоль козырька над трибунами либо на специально предусмотренных для этой цели конструкциях. Сплошная либо состоящая из двух отдельных групп линия прожекторов позволяет обеспечить нужные зрительные условия и требования телевидения. Глубина теней при этой системе также уменьшается. Ограничивающим является условие соблюдения соответствующего размещения прожекторов (рис. 13.66, *в*), при котором слепящее действие от прожекторов мало. К недостаткам этой системы следует отнести высокую стоимость ОУ.

Теннисные корты. Освещение кортов является одной из наиболее сложных задач освещения спортивных сооружений. Трудности связаны с тем, что теннисный мяч имеет малые размеры и движется с очень высокой скоростью. Теннисисты обычно смотрят вдоль игровой площадки, но часто их взгляд направлен значительно выше линии горизонта, вплоть до положения прямо над игроком (при выполнении подачи, приеме свечей), что не позволяет размещать ОП над площадкой. Зрители обычно располагаются вдоль боковых сторон площадки, а мяч при игре быстро перемещается перед их глазами в осиовном перпендикулярно направлению линии зрения, поэтому наблюдение за мячом происходит на фоне предметов с различной яркостью (площадок, трибун, ограждений и т. п.). Сложные условия зрительной работы игроков и зрителей делают необходимыми повышенные уровни освещенности кортов и применение установок высокого качества. Основным является верхне-боковое освещение, создающее высокий контраст мяча с фоном и оказывающее наименьшее слепящее действие на игроков. Осветительные приборы располагаются на опорах, установленных вдоль длинных сторои корта, и направляются в основном поперек его продольной оси (рис. 13.67, *а*). Устаиовка верхнебокового света может быть также выполиена при помощи подвесных ОП, монтируемых на тросах, натянутых между опорами, которые устанавливаются за пределами игровой площадки в соответствии со схемой, приведенной на рис. 13.67, *б*. Светильники должны размещаться вдоль боковых линий вне пределов площадки и иметь наклон в сторону ее продольной оси.

Хоккейные поля. Хоккей с шайбой является типичной «наземной» спортивной игрой, поэтому для освещения хоккейного поля может быть применена установка верхне-бокового света с наклонно размещенными ОП концентрированного светораспределения или прожекторами на опорах, которые монтируются вдоль длинных сторон поля так, как это показано на рис. 13.68, *а*, а также установка верхнего света с подвесными ОП, смонтированными на тросах, натянутых над полем на уровне не ниже 6 м (рис. 13.68, *б*). Установка верхнего света позволяет полностью устранить тени от бортов поля, часто возникающие при боковой и верхне-боковой системе освещения. Несмотря на этот не-

достаток система верхне-бокового освещения чаще всего применяется на демонстрационных катках с трибунами, так как подвесная установка обычно выглядит не слишком эстетично и громоздко.

Баскетбольные площадки освещаются системой верхне-бокового света, так как баскетбол может служить характерным примером «воздушной» игры. На рис. 13.69 показана схема освещения баскетбольной площадки с применением четырех опор для ОП.

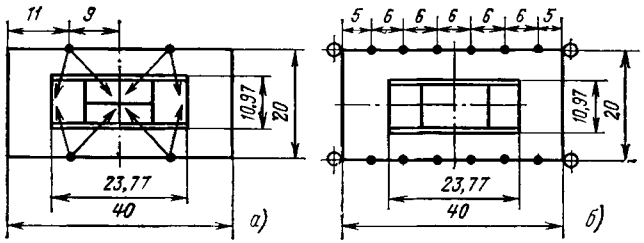


Рис. 13.67. Схемы освещения теннисного корта (размеры в метрах)

а — светильниками направленного света на опорах; *б* — светильниками с лампами накаливания на тросах.

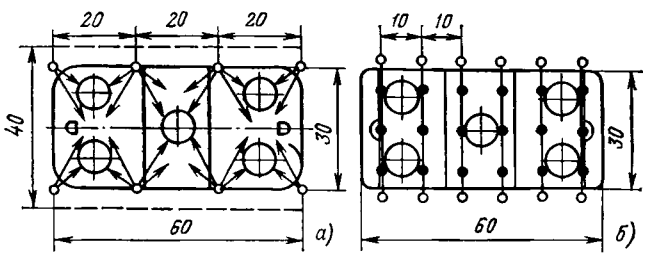


Рис. 13.68. Схемы освещения хоккейного поля (размеры в метрах).

а — прожекторами на восьми опорах; *б* — подвесными светильниками на тросах.

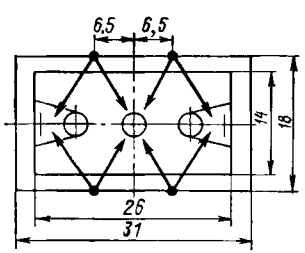


Рис. 13.69. Схема освещения баскетбольной площадки (размеры в метрах).

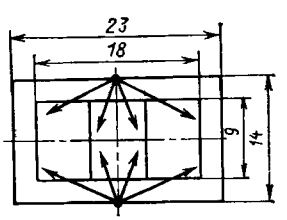


Рис. 13.70. Схема освещения волейбольной площадки (размеры в метрах).

Площадки для волейбола и бадминтона также освещаются по системе верхне-бокового света. Анализ особенностей игры в волейбол показывает, что в этом случае более целесообразно устанавливать ОП на двух высоких опорах (не менее 10 м), расположенных около опор, к которым крепится сетка (рис. 13.70).

Столы для настольного тенниса освещаются подвесными ОП, расположенными над ними. При этом необходимо осветить с уровнем освещенности не ниже 400 лк не только поверхность стола, но и пространство вокруг него в пределах всей игровой площадки. Высота установки ОП не менее 3,5 м. При освещении ЛЛ рекомендуется подключать ОП к различным фазам трехфазной питающей сети для уменьшения пульсации освещенности. Защитный угол ОП должен быть не менее 30°.

Велотреки освещаются обычно ОП направленного света, располагаемыми на опорах высотой 10 м с консолями длиной 3—5 м, вынесенными над полотном трека. Опоры устанавливаются вдоль кромки трека, а ОП на них — с наклоном в сторону движения спортсменов (рис. 13.71). Система освещения должна быть рассчитана таким образом, чтобы зоны действия отдельных ОП значительно перекрывали друг друга для устранения глубоких теней.

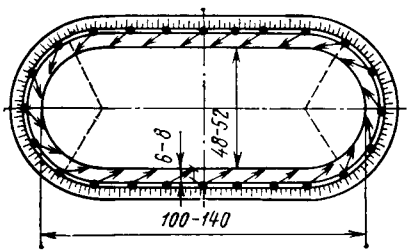


Рис. 13.71. Схема освещения велотрека (размеры в метрах).

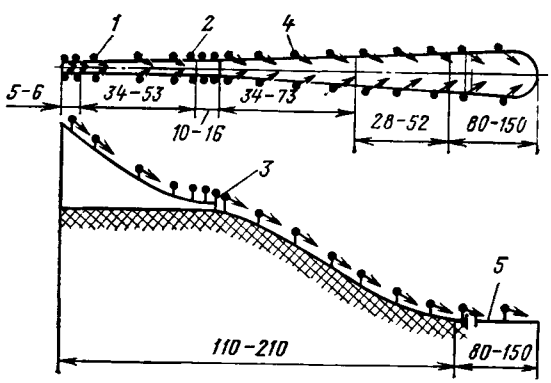


Рис. 13.72. Схема освещения лыжного трамплина (размеры в метрах).

1 — старт; *2* — гора разгона: *3* — стол отрыва; *4* — гора приземления; *5* — площадка остановки.

Лыжные трамплины (рис. 13.72) должны освещаться так, чтобы обеспечить спортсменам хорошую видимость горы разгона, стола отрыва и горы приземления при минимальной слепимости, а судьям и зрителям — хорошую видимость спортсмена на всех этапах движения его по поверхности гор, в полете и точную фиксацию места его приземления. Светильники на стартовой площадке, вдоль горы разгона и стола отрыва устанавливаются с двух сторон на стойках высотой 2—3 м и направляются вдоль движения спортсменов. Гора приземления и площадка остановки освещается светильниками или прожекторами, устанавливаемыми на опорах высотой 10—20 м с одной или двух сторон в зависимости от месторасположения судей и зрителей. Здесь ОП также должны иметь наклон в сторону движения спортсменов. Аналогично выполняется освещение горнолыжных трасс для слалома и скоростного спуска.

Объекты стрелкового спорта. Сложность освещения траншейных и круглых стрелково-охотничьих стендов связана с тем, что мишени — тарелочки, по которым

ведется стрельба на стенде, быстро перемещаются на большое расстояние (до 70—80 м на траншейном стенде) в различных направлениях. На круглом стенде задача освещения осложняется перемещением стрелка и изменением направления его линии зрения при переходе с одного номера на другой. Схема размещения прожекторов для освещения стендов приведена на рис. 13.73. Высота установки прожекторов должна составлять на траншейном стенде 5—10 м, на круглом 20—25 м. Ус-

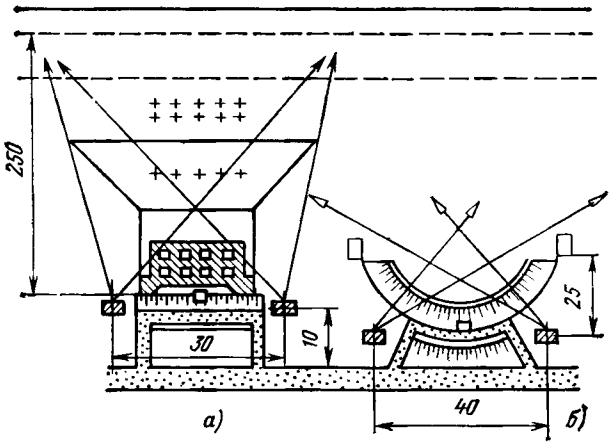


Рис. 13.73. Схемы освещения стрелково-охотничьих стендов (размеры в метрах).
а — освещение траншейного стенда; *б* — круглого.

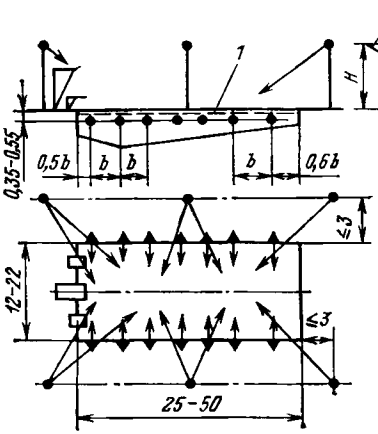


Рис. 13.74. Схема верхнего и подводного освещения открытого бассейна (размеры в метрах).
1 — уровень воды; *2* — зоны размещения осветительных приборов; *H* — высота установки осветительных приборов над уровнем воды; *b* — шаг размещения осветительных приборов подводного освещения.

тановка должна обеспечивать уровень вертикальной освещенности по всей зоне полета мишеней со стороны расположения стрелков не ниже 50 лк. При освещении круглых стендов для уменьшения слепящего действия прожекторов целесообразно применять дополнительно их экранировку, установку на них кольцевых или пластинчатых жалюзи и т. п.

Открытые бассейны могут быть оборудованы двумя отдельными установками наружного и подводного освещения, создающими соответственно уровень освещенности, необходимый для выполнения спортивных занятий в бассейне, и декоративное освещение чаши и бассейна, служащее также средством безопасности. Наружное освещение бассейна для плавания может быть выполнено установкой верхнего света. Если бассейн предполагается использовать и для плавания, и для прыжков, и для игры в водное поло, то установка верхнего света не может быть применена, и освещение следует выполнить по схеме, изображенной на рис. 13.74. Высота установки ОП может быть определена из условия, при котором перпендикуляр, опущенный от ИС на продольную ось бассейна или ее продолжение, составит угол от 30 до 45° с горизонтом. При этом отражение ОП от водной поверхности ванны не должно попадать на трибуны для зрителей. Особенно важно выполнение этого требования при телевизионных передачах из бассейнов ввиду ограниченного диапазона яркостей, передаваемых телекамерой. Построение зеркального отражения от поверхности воды для определения зоны допустимого размещения ОП должно выполняться с учетом наклона фронта волны, образующейся в бассейне при плавании. Исследования показали, что угол наклона фронта волны лежит в пределах от 5 до 12°. Для подводного освещения бассейна может быть использован метод «сухих ниш», когда прожекторы в обычном исполнении устанавливаются за уплотненными иллюминаторами, размещенными в стене бассейна в соответствии со схемой, приведенной на рис. 13.74, или метод «мокрых ниш», когда герметичные прожекторы устанавливаются непосредственно в воде, обычно в специальных нишах в стене чаши бассейна. Если первый метод требует для своего осуществления устройства специальной обходной галереи вокруг чаши бассейна, то для второго нужны специальные водонепроницаемые и потому дорогостоящие прожекторы. Прожекторы подводного освещения устанавливаются в продольных стенках чаши бассейна. Глубина погружения прожекторов не должна превышать 0,4—0,55 м. Шаг прожекторов определяется в зависимости от их мощности. При ЛН мощностью 300—500 Вт его следует выбирать равным 2,5—3 м, а при 750—1000 Вт — 3,5—4,5 м. Бо́льшие из значений относятся к тем местам чаши, которые имеют глубину менее 1,5 м, меньшие — к более глубоким. Следует стремиться использовать прожекторы максимальной мощности. Мощность установки подводного освещения открытого бассейна рекомендуется выбирать, исходя из удельного светового потока 200 лм/м² поверхности воды в бассейне. Для бассейнов, ширина которых превышает 21 м, применять подводное освещение чаши не рекомендуется, так как вода в средней части чаши бассейна будет освещена слабо. Подводное освещение бассейна должно быть обусловлено возможно высокой прозрачностью воды, для этого необходим повышенный ее обмен или улучшения фильтрация.

Крытые спортсооружения. Крытые спортивные сооружения включают в себя обширную группу значительно отличающихся объектов: от многофункциональных залов, рассчитанных на десятки тысяч зрителей, до небольших тренировочных школьных залов, теннисных кортов и т. п. Их рациональное освещение определяется размерами и характером помещения и должно учитывать ряд специальных требований.

Наблюдатели, как правило, не имеют фиксированных направлений наблюдения (например, мяч может оказываться на разных уровнях и перемещаться в различных направлениях). Вследствие этого ОУ должна обеспечивать равномерное освещение пространства. Система искусственного освещения должна сочетаться с часто имеющимся естественным освещением. Это может быть достигнуто как специальным размещением ОП, смягчающим высокие контрасты, создаваемые естественным освещением, так и установкой специальных экранирующих приспособлений (решеток, жалюзи) на светильниках. Осветительные приборы должны иметь защитные углы, обеспечивающие устранение слепящего

действия, это требование особенно важно в связи с тем, что линия зрения часто может быть направлена в их сторону. Наряду с этим исполнение ОП и прожекторов должно обеспечивать их защиту от ударов мяча. Стены и потолок спортивных залов должны иметь по возможности светлую матовую окраску, коэффициенты отражения должны иаходиться в пределах 0,4—0,6 — для стен; 0,6—0,8 — для потолка; 0,2 — для пола; для темных поверхностей стен и экранов, используемых в теннисе, бадминтоне, настольном тенииое, коэффициент отражения должен составлять 0,2; для жалюзи, устанавливаемых на светопроемах, 0,4 — 0,6, с тем чтобы несколько снизить их яркость при интенсивном естественном освещении и избежать эффекта темной поверхности при одном искусственном освещении.

Реализация требований к рациональному спортивному освещению в закрытых помещениях осуществляется разнообразными методами, среди которых могут быть выделены системы направленного, рассеянного и смешанного освещения [13.50, 13.51]. В больших многофункциональных залах обычно применяются системы направленного освещения, выполняемые с помощью прожекторов. Это вызвано не только необходимостью использования мощных ОП из-за больших размеров помещения, но и возможностью создания гибкой системы освещения с несколькими программами включения, соответствующими различным назначениям зала. Несмотря на то, что это закрытые помещения, класс исполнения прожекторов должен быть IP54. Примером подобной ОУ является система освещения крытого стадиона спорткомплекса «Олимпийский» на 45 тыс. зрителей на проспекте Мира в Москве.

Для небольших залов наиболее характерным является применение системы рассеянного или смешанного освещения. Рассеянное освещение, как правило, создается с помощью ОП с ЛЛ либо светящими потолками. В случае применения светящих потолков с ЛЛ возникают сложности ограничения слепящего действия, обеспечения требуемых уровней освещенности по краям зала, кроме того, моделирующий эффект такого освещения незначителен. Поэтому более рациональным является использование структуры потолка, крыши или верхней части стен зала для установки индивидуальных ОП или прожекторов. Сочетание двух этих систем позволяет обеспечить смешанное освещение, часто встречающееся в случаях, когда дополнительное использование группы ОП в системе общего рассеянного освещения позволяет выполнить специальные требования отдельных видов спорта.

При освещении игровых спортивных залов рекомендуется использовать систему верхне-бокового света, обеспечивающую наилучшее качество освещения. Примером такой ОУ может служить Малая спортивная арена Центрального стадиона им. В. И. Ленина в Москве (рис. П.13, *а*), ОУ игрового зала которой выполнена в виде двух двойных рядов прожекторов типа ПГЦ-2000-2 общей мощностью 320 кВт. Удельная мощность установки 180 Вт/м², равномерность распределения $E_{вmin} : E_{вmax} = 1 : 1{,}8$.

Малые спортивные залы, например школьные, используются для занятий разнообразными видами спорта, в том числе и для спортивных игр. Поэтому освещение школьного зала целесообразно выполнять по системе верхне-бокового света с помощью ОП типа ЛПО25. Эти ОП имеют защитную сетку, предохраняющую рассеиватель и ЛЛ от удара мячом. На рис. 13.75 приведена ОУ типового школьного зала размером 12×24 м, состоящая из 84 ОП, расположенных в виде шести продольных линий вдоль боковых сторон зала. Средняя горизонтальная освещенность 260 лк, коэффициент неравномерности $E_{min} : E_{max} = 1 : 1{,}9$ установленная мощность 6,9 кВт, удельная мощность 24 Вт/м².

Проектирование ОУ спортивных сооружений. При проектировании светотехнической части ОУ целесообразна следующая последовательность работ с учетом специфики спортивных сооружений.

1. Определеиие технологических особениостей спортивного сооружеиия, которые должны быть сформулированы в техническом задании на проектирование, утверждаемом заказчиком. В случае необходимости передач цветного телевидения проектирование ОУ должно выполняться после предварительного согласования с Госкомитетом по радиовещанию и телевидению СМ СССР и утверждаться Спорткомитетом СССР.

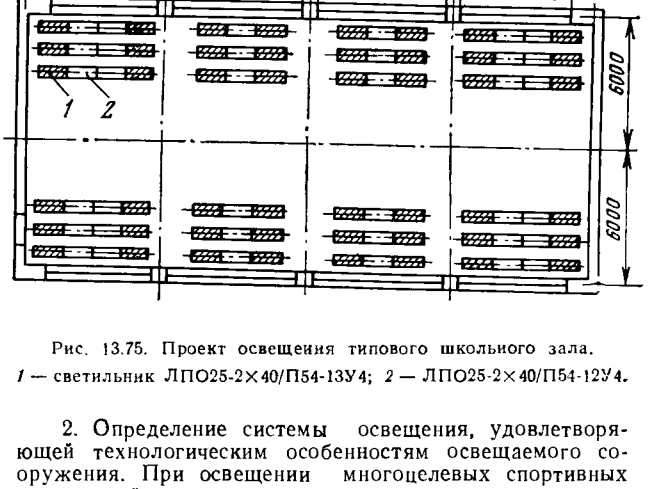


Рис. 13.75. Проект освещения типового школьиого зала.
1 — светильник ЛПО25-2×40/П54-13У4; *2* — ЛПО25-2×40/П54-12У4.

2. Определение системы освещения, удовлетворяющей технологическим особенностям освещаемого сооружения. При освещении многоцелевых спортивных сооружений рекомендуется построить систему освещения для различных видов спорта таким образом, чтобы избежать переориентации прожекторов. Изменение режимов работы ОУ должно осуществляться переключением ее отдельных частей.

3. Определение необходимости устройства АО. Эвакуационное освещение должно устраиваться в проходных помещениях и на лестницах, служащих для эвакуации людей из помещений, где может одновременно находиться более 50 человек; в помещениях, где может находиться одновременно более 100 человек (выходы из этих помещений должны быть отмечены световыми указателями); в бассейнах, на велотреках и на трамплинах для прыжков на лыжах, а также на трибунах открытых сооружений, имеющих более 20 рядов. Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на полу по линии основных проходов и ступеней лестниц, а для ванны бассейна, полотна велотрека, горы разгона и горы приземления для прыжков на лыжах — не менее 5 лк на их поверхности.

Коэффициент запаса для крытых спортивных сооружений следует принимать 1,5 при ГЛ, 1,3 при ЛН, а для открытых спортивных сооружений 1,5 при ГЛ в прожекторах, 1,3 при ЛН.

Расчет ОУ спортсооружений и, в частиости, прожекторного освещения часто ведется с применением ЭВМ.

По степени надежности электроснабжения устройства электрического освещения спортивных сооружений относятся к следующим категориям [13.52]: к первой — АЭО крытых спортивных сооружений с количеством мест более 800 (должна быть предусмотрена аккумуляторная установка для питания ОП или автоматического переключеиия на нее); ко второй — все виды осве-

щения в крытых спортивных сооружениях с количеством мест от 200 до 800 и на открытых спортивных аренах для футбола или легкой атлетики, спортивных аренах для хоккея и ручных игр (или бассейнах) со стационарными трибунами на 20 и более рядов, а также рабочее освещение в крытых спортивных сооружениях с количеством мест более 800; к третьей — все виды освещения прочих спортивных сооружений.

Если открытые и крытые спортивные сооружения предназначены для соревнований республиканского и

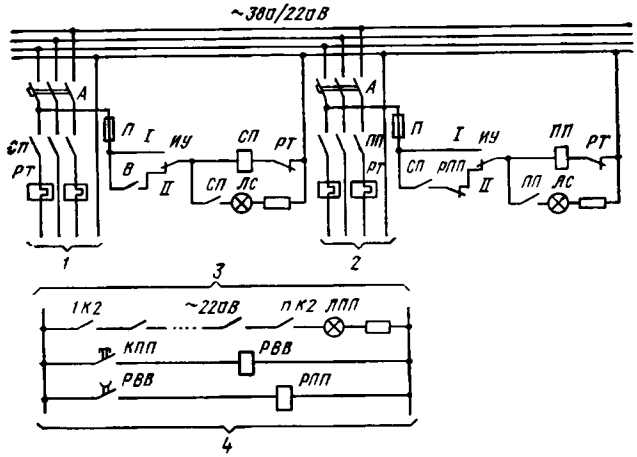


Рис. 13.76. Принципиальная схема питания и управления одной группы прожекторов типа ПГП или ПГЦ.

1 — к БУ прожекторов для питания ламп; *2* — к БУ прожекторов для питания поджига ламп; *3* — от источника питания сети управления; *4* — к аналогичным цепям других групп прожекторов. Устанавливаются на щите станций управления: *А* — автомат; *СП* — пускатель силовой цепи; *ПП* — пускатель цепи поджига; *РТ* — реле тепловое; *ИУ* — избиратель управления; *ЛС* — лампа сигнальная; *П* — предохранитель цепи управления; *РВВ* — реле выдержки времени; *РПП* — реле повторного поджига. Устанавливаются на пульте управления; *В* — выключатель; *КПП* — кнопка повторного поджига; *ЛПП* — лампа сигнальная. Входят в комплект БУ каждого прожектора контакторы *1К2* — *пК2*; *I* — ручное управление; *II* — дистанционное.

более высокого масштаба, то АЭО этих сооружений относится к первой категории независимо от их вместимости.

Если со спортивного сооружения предусматриваются передачи цветного телевидения, то ОУ, обеспечивающую эти передачи, рекомендуется питать от двух независимых источников электроэнергии с устройством АВР на ГРЩ.

Каждый прожектор типа ПГП и ПГЦ комплектуется блоком управления, в котором наряду с другими аппаратами установлены автоматы защиты цепей питания лампы и поджига. При применении этих прожекторов необходимо учитывать следующее:

при напряжении сети 380/220 В в цепь питания ламп мощностью 2000 и 3500 Вт подается линейное напряжение (380 В), а в цепь питания ламп 400 и 1000 Вт и в цепь поджига при любой мощности ламп — фазное напряжение (220 В);

в цепях питания лампы и поджига имеются индивидуальные автоматы для защиты этих цепей, вследствие чего ток защитных аппаратов в групповой линии может не ограничиваться значением 63 А;

цепи питания лампы и поджига следует подключать к раздельным трехфазным групповым линиям, связанным между собой единой схемой управления. При подключении ламп мощностью 400 и 1000 Вт фазы цепей питания и поджига должны совпадать: при подключении ламп 2000 и 3500 Вт фаза цепи питания поджига должна совпадать с одной из фаз питания лампы;

рекомендуется предусматривать подачу напряжения сначала на силовую цепь лампы, а затем на цепь поджига, что может быть достигнуто введением блокировочного контакта пускателя СП в цепь управления пускателя ПП (рис. 13.76). В результате загорания лампы происходит отключение выпрямительного устройства блока управления БУ и замыкание контакта сигнализации включения лампы *К2*. Контакты сигнализации прожекторов одной группы рекомендуется включать в последовательную цепь. В случае незагорания хотя бы одной из ламп для вторичной попытки зажи-

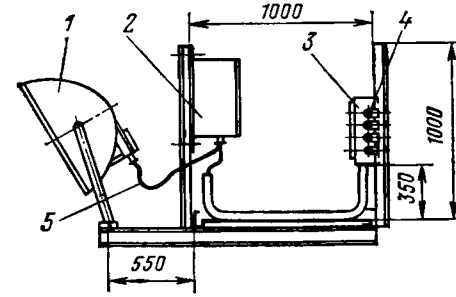


Рис. 13.77. Установка прожектора типа ПГЦ на мостике обслуживания.

1 — прожектор; *2* — блок управления; *3* — ящик протяжной; *4* — трубы для прокладки цепей питания; *5* — кабель.

гания необходимо снять напряжение с цепи поджига группы и подать его вновь по истечении не менее 0,5—1 мин;

для облегчения эксплуатации БУ целесообразно устанавливать в непосредственной близости от прожектора;

входная колодка зажимов предусматривает возможность подключения медных или алюминиевых проводов сечением до 25 мм². Ответвление от сети к БУ следует выполнять в ответвительных коробках, вне блока управления. Выходная колодка БУ предназначена для подключения соединительного кабеля между БУ и БМП и позволяет подключать медные провода сечением до 4 мм²;

соединительный кабель между БУ и БМП не входит в комплект прожектора. В качестве соединительного рекомендуется применять кабель КРПСН-0,66 сечением 3×4+3×2,5 мм² (4 мм² — две жилы цепи питания лампы, одна для заземления корпуса прожектора; 2,5 мм² — две жилы питания поджига и одна резервная);

сети к прожекторам рекомендуется прокладывать в стальных водогазопроводных трубах; сети силовой цепи ламп, сети поджига и сигнализации одной группы прожекторов допускается прокладывать в общей трубе;

при больших количествах прожекторов рекомендуется устройство централизованного дистанционного программного управления из специальных пунктов управления, имеющих окна для непосредственного обзора освещаемого объекта;

учитывая повышенную сложность устройства и схемы прожекторов, необходимо обеспечивать удобный и безопасный доступ к прожекторам, их внешним устройствам и блокам управления, для чего следует располагать их на специальных мостиках, площадках прожекторных мачт или в технических этажах (рис. 13.77).

Электрические параметры прожекторов ПГП и ПГЦ следующие: мощность ИС — 400, 1000, 2000, 3500 Вт; напряжение питания для мощности ИС 400,

1000 Вт — 220 В, для мощности ИС 2000, 3500 Вт— 380 В; потери мощности в дросселе — 3,2—8 %; коэффициент мощности — 0,85; кратность пускового тока — 1,75. Параметры цепи поджига: напряжение — 220 В; мощность — 0,77 кВт, коэффициент мощности — 0,7. На рис. 13.78 приведена примерная кривая спада пускового тока. Эти данные могут быть использованы при расчете электрических сетей и выборе средств защиты.

Монтаж, наладка и эксплуатация ОУ. Монтаж ОУ выполняется в соответствии с техническими указаниями проекта. При этом следует обращать внимание на необходимость жесткого крепления ОП в залах для спортивных игр. Если ОП нужно придавать угол наклона,

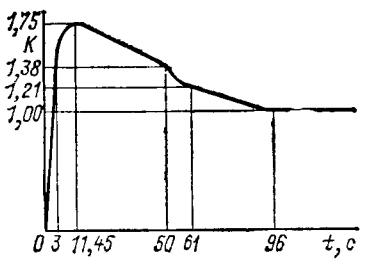


Рис. 13.78. Кривая спада пускового тока прожектора типа ПГЦ. (*K* — кратность пускового тока).

что имеет место при выполнении верхне-боковой системы освещения, то устройства, с помощью которых осуществляется наклон ОП, должны надежно закреплять их в выбранном положении.

Прожекторы обычно устанавливаются на специальных прожекторных площадках, монтируемых на мачтах (см. рис. П. 14, *б, в, г*). Крепление к металлоконструкциям площадок, осуществляется болтами. Перед установкой на мачту прожекторы должны быть сфокусированы. Для фокусировки световой пучок прожектора направляется на большую плоскую поверхность, перпендикулярную оси пучка и отстоящую от прожектора на 25—30 м. После этого лампа перемещается с помощью фокусирующего приспособления так, чтобы световое пятно имело минимальные размеры. В этом положении лампа закрепляется. Все прожекторы в установке должны быть пронумерованы, и им необходимо придать правильное расчетное направление, т. е. выполнить наладку ОУ.

Наладка ОУ может производиться несколькими способами. Можно придать прожекторам расчетные углы наклона и разворота, пользуясь лимбами с градусными делениями, установленными на прожекторах. Можно воспользоваться специально изготовленным лимбом большого размера из металла или картона. Удобнее всего использовать для наладки специальные визирные приспособления. Прожекторы типов ПКН, ПГП и ПГЦ снабжены визирными приспособлениями, позволяющими визировать направления их оптических осей и ширину световых пучков прожекторов в горизонтальной плоскости. Наладка ОУ с ними может выполняться днем, с незажженными прожекторами. Прожектор поворачивается до совпадения оптической оси визира с направлением, в котором должен работать прожектор, и закрепляется. После наладки ОУ желательно осуществить контроль полученных результатов. Лучше всего это сделать с помощью люксметра. Проводя измерения люксметром, необходимо следить за правильностью положения светочувствительной поверхности фотоэлемента, которая должна находиться строго горизонтально или вертикально в соответствии с измеряемой величиной.

После выполнения наладки и контроля прожекторной ОУ рекомендуется нанести отметки или риски на подвижные и неподвижные части основания прожектора, с тем чтобы после поворотов прожекторов в процессе эксплуатации можно было легко восстановить их расчетное положение. Прожекторы типов ПГП и ПГЦ для этой цели снабжены специальными упорами. Полезно также составить исполнительную схему направлений прожекторов после окончания наладки установки и передать ее службе эксплуатации данного спортивного сооружения.

Осветительные установки, выполненные с помощью светильников, в специальной наладке не нуждаются. Контроль освещенности может быть выполнен с помощью люксметра.

В целях сокращения затрат рабочей силы при замене ламп и количества отказов ИС во время спортивного сезона рекомендуется производить групповую замену ламп. Такая замена дает хорошие результаты в том случае, когда она совмещается с чисткой ОП. В ходе групповой замены ламп в ОУ целесообразно отбирать лампы, которые в дальнейшем могут быть использованы для индивидуальной замены. После замены ламп прожекторы должны быть заново отфокусированы и точно направлены.

Очистка ОП производится в соответствии с инструкцией по их эксплуатации. Кварцевые колбы ГЛН и ГЛ после установки в ОП до включения должны быть обязательно обезжирены с помощью тампона, смоченного спиртом.

Чистка ОП должна выполняться в помещениях не реже 1 раза в 3 месяца, а в открытых ОУ — не реже 2 раз в год. Необходимость чистки ОП может быть установлена по снижению освещенности ниже нормированных значений.

Плаиово-предупредительный осмотр, проверка и ремонт ОП сетей электропитания производится по графику в сроки, устанавливаемые службой главного энергетика спортивного сооружения.

13.12. ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СТУДИИ

Развитие цветного телевидения характеризуется совершенствованием как телевизионных, так и осветительных средств. Стационарные и передвижные системы освещения студийных и внестудийных передач имеют ряд специфических особенностей, которые необходимо учитывать при выборе ОП и создании ОУ [13.53, 13.54].

Уровни освещенности. В установках телевизионного освещения нормируется минимальное (в отдельных случаях среднее) значение освещенности на объекте передачи $E_{об}$ в плоскости, перпендикулярной направлению к камере. В большинстве случаев плоскости близки к вертикальной, для которой и выполняются расчеты. Для цветных телевизионных систем с камерами, оснащенными тремя передающими трубками типа плюмбикон, требуемое значение определяется минимально допустимым соотношением сигнала и шума, равного 40—46 дБ. При этом для наиболее широко используемых относительных отверстий объектива 2,8, 4,0 и 5,6 минимальное значение $E_{об}$ составляет соответственно 500, 1000 и 2000 лк. В студиях уровни $E_{об}$, как правило, составляют 1500—2500 лк, при этом удельная мощность варьируется в пределах 0,75—1 кВт/м². При выездных передачах средние уровни $E_{об}$ не превышают 1500 лк и достигаются с большими трудностями в силу необходимости учитывать специфику основного функционального освещения (спортивного, театрального и пр.) и архитектурно-строительные особенности сооружений. При более низких $E_{об}$, часто имеющих место при проведении репортажей, от телеоператоров и работников технических служб требуется проводить передачу при полностью или почти полностью открытом объективе, что снижает изобразительные возможности передачи. При существенном снижении $E_{об}$ наблюдается дефект изображения в

виде тянущихся ярких продолжений за светлыми объектами при их перемещении в кадре (например, «след» от светлой майки футболиста на фоне поля). В случае, если три цветных телевизионных канала недостаточно согласованы по чувствительности во всем диапазоне передаваемых яркостей, следы от ярких перемещающихся объектов будут цветными, что в еще большей степени снижает качество изображения. В то же время чрезмерно высокие уровни освещенности, имеющие место в ряде случаев в студиях, приводят к нарушению стабильности фоточувствительного слоя передающей трубки. Вследствие этого на изображении появляются искажения в виде ореолов вокруг ярких деталей, которые создают эффект «хвоста кометы» при их перемещении. Цветные ореолы часто наблюдаются на изображениях музыкальных инструментов, украшений.

В связи с тем, что процент черно-белых передач в общем объеме сравнительно невелик и с каждым годом снижается, проектирование черно-белых студий в настоящее время не ведется. Современные ОУ для цветного телевидения обеспечивают проведение черно-белых передач, уровни освещенности для которых значительно ниже и составляют 300—500 лк в зависимости от применяемых передающих трубок.

Допустимый контраст. В цветном телевидении, как и в черно-белом, воспроизводится лишь ограниченный диапазон яркости. Для современных телевизионных систем он составляет 1 : 40. В силу естественных различий коэффициентов отражения деталей передаваемого объекта $\rho_{об}$ неравномерность в распределении $E_{об}$ должна быть небольшой. Практически установлено, что диапазон яркостей 1 : 40 наилучшим образом выполняется, если $\rho_{об}$ сюжетно важных деталей объекта варьируется не более чем в 20 раз. При этом «белому» на изображении соответствуют объекты с $\rho_{об}=0{,}6$, черному — с $\rho_{об}=0{,}03$.

Необходимость показа цветного изображения на черно-белых приемниках вынуждает художников, костюмеров, гримеров в условиях студий тщательно анализировать серые аналоги применяемых цветных деталей, для чего используются различные атласы. Наибольшее распространение получили атласы, напоминающие шкалы Мансела, где для различных выкрасок, отличающихся по цветовому тону, насыщенности, выполненных с помощью красителей, реально используемых в студиях, даны аналоги по черно-белой шкале. На рис. 13.79 приведена шкала примерного соответствия некоторых часто встречающихся объектов в цветном и черно-белом изображении. В условиях внестудийных передач поддержание $\rho_{об}$ в заданных пределах является еще более сложной, а в ряде случаев невыполнимой задачей. В случаях, когда все возможности использованы (верно подобраны костюмы, устранены по возможности чрезмерно контрастирующие детали и т. п.), основная задача заключается в обеспечении требуемого контраста с помощью освещения: выполнении соответствующей равномерности $E_{об}$, подсветке темных фонов, обеспечении необходимых световых эффектов. В условиях внестудийных телевизионных передач, где возможности художественного освещения ограничены, регламентация контрастов, создаваемых за счет освещения, сводится к обеспечению неравномерности в распределении $E_{об}$ в вертикальной, а иногда, например для спортивных сооружений, и в горизонтальной плоскости, которая должна быть не более 1 : 2.

Цветопередача. Получение высокого качества цветопередачи является одним из основных требований, предъявляемых к системам телевизионного освещения. В телевизионных системах заложен ряд цветовых искажений, вызываемых следующими основными причинами: характеристики спектральной чувствительности трех телевизионных каналов отличаются от «идеальных» расчетных кривых; спектры ИС существенно варьируются (от 3200 К в студиях до 20 000 К и более при естественном освещении), вследствие чего при работе с каждым из них требуется нелинейная перестройка каналов; люминофоры приемников ограничивают зону воспроизводимых цветов треугольником: R ($x=0{,}67$, $y=0{,}33$), G ($x=0{,}21$, $y=0{,}71$), B ($x=0{,}14$, $y=0{,}08$); настройка телевизионного тракта осуществляется так, как если бы все цветные объекты сцены освещались источником С (см. табл. 3.14); показатель нелинейности телевизионного тракта отличается от единицы и составляет 1,2—1,5.

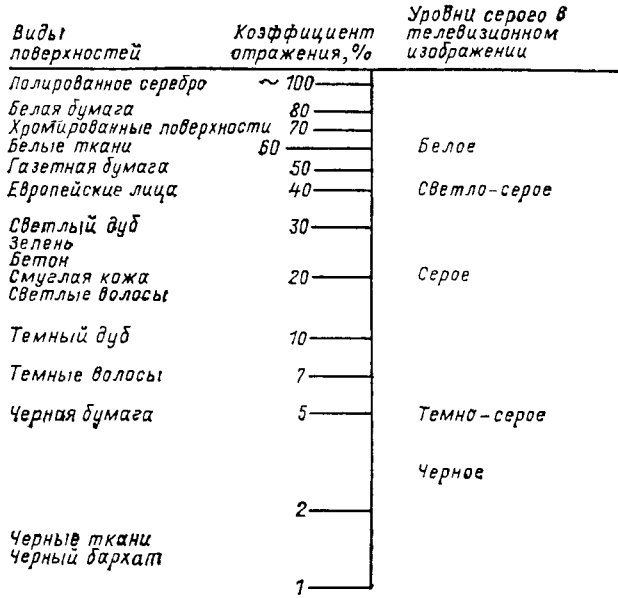


Рис. 13.79. Шкала примерного соответствия коэффициентов отражения наиболее распространенных объектов телепередач уровню серого в изображении.

Однако, несмотря на искажения, вносимые в силу указанных и ряда других причин, возможно получить приемлемое качество изображения при довольно широких вариациях спектрального состава излучения. Система настройки телевизионных каналов на реальное «белое», т. е. объект с $\rho_{об}=0{,}6$, освещенный реальным ИС, дает возможность использовать не только ИС со сплошным спектром с различными цветовыми температурами излучения $T_{цв}$, но и со смешанным и даже линейчатым спектром. Поэтому при оценке цветопередачи главную роль играет не столько $T_{цв}$, сколько ее возможные изменения в пределах передаваемой сцены $\Delta T_{цв}$, а также индекс цветопередачи R_a. Для телевизионных студий при $T_{цв}=3200$ К допустимые $\Delta T_{цв}$ не должны превышать ± 200 К. Бо́льшие $\Delta T_{цв}$ ведут к заметным цветовым искажениям, в частности телесных оттенков. Этот допуск является отправным не только для одновременного использования в студии ИС с различными $T_{цв}$, но и для определения пределов возможного регулирования напряжения. На практике в ряде случаев предпочитают настраивать телевизионные камеры на $T_{цв}=3100$ К как значение, промежуточное между номинальной $T_{цв}=3200$ К и минимальной $T_{цв}=3000$ К, что позволяет использовать ИС с более широким диапазоном колебания $T_{цв}$, однако световой поток при этом может быть ниже номинального.

Для выездных телепередач, где довольно часто имеет место смешение естественного и искусственного све-

та, основным правилом является применение ИС со спектром, максимально приближенным к дневному в период, когда создаваемые им уровни $E_{об}$ невелики. На широте Москвы в летнее время это соответствует $T_{цв}$ = =6000 К. Применительно к этим ИС, так же как и к студийным, важным требованием является соблюдение допусков $\Delta T_{цв}$, составляющих в данном случае ±500 К. Применение на выездных передачах в сочетании с естественным освещением ИС с $T_{цв}$=3200 К мало рационально, поскольку требует применения конвертирующих фильтров, повышающих примерно в 2 раза значение $T_{цв}$ (с 3200 до 6000 К), хотя при этом снижаются световые параметры приборов.

Индекс цветопередачи R_a мало применим для оценки телевизионного освещения, однако на практике он используется для приближенной оценки. Для ИС со смешанным и линейчатым спектром устаиовлено, что при $R_a>70$ качество изображения оценивается как приемлемое, при $R_a>80$ — как хорошее.

Светотехнические средства для телевизионного освещения. Светотехнические средства, применение которых позволяет создать системы освещения, отвечающие указанным выше требованиям, отличаются большим разнообразием. Телевидение располагает своим осветительным парком, который дает возможность не только создать рациональное освещение в студиях, но также дополнить или полностью создать различные ОУ.

Источники света. Прожекторные лампы накаливания по-прежиему применяются в телестудиях, в основиом в прожекторах с дисковыми линзами Френеля. Их использование в цветном телевидении значительно меньше, чем в черно-белом, несмотря на эксплуатацнонные достоинства и сплошной спектр излучения. Галогеиные ЛН типа КГ являются основным ИС. Наибольшее распространение получили ГЛН с $T_{цв}$=3200 К и лампы, используемые в ОП рассеянного света. Для увеличения их срока службы в ряде случаев уменьшают иапряжение питания на 5 или 10 %, сохраняя при этом значения $T_{цв}$ в допустимых пределах. Газоразрядные лампы низкого и высокого давления до последнего времени ие находили широкого применения ни в черно-белом, ии в цветном телевидении: ЛЛ — из-за больших габаритных размеров при малой мощности, ДКсТ — из-за громоздкости и сложности схем включения, ДРЛ — из-за низких цветопередающих свойств. Металлогалогеиные лампы явились первым ИС, получившим широкое применеиие во многом благодаря развитию цветного телевидеиия вследствие высокой световой отдачи, цветопередающих свойств, экономических показателей (см. § 4.3). Лучшими по цветопередающим свойствам являются МГЛ с добавкамн галогенидов редкоземельных металлов (диспрозия и др.), имеющие преобладающее сплошное излучение в спектре и соответственно $R_a>85$. Применяются МГЛ с добавками галогенидов редкоземельных металлов двух типов: с короткой и длинной дугой. Их конструктивное исполнение позволяет мгновенно перезажигать лампу после выключения, что существенно повышает надежность ОУ. Шаровые МГЛ типа ДРИШ находят наибольшее применение в ОП переносного типа, предназначенных для репортажей; линейные типа ДРИ чаще всего используются в стационарных ОУ различных объектов, например спортивных сооружений. В телестудиях МГЛ до настоящего времени практически не применяются из-за существенного отличия спектра их излучения от спектра применяемых ЛН. Их использование в студиях ограничивается подсветкой фонов, созданием различных световых эффектов и другими приемами, не требующими правильной цветопередачи. Несколько большие возможности для студий имеет МГЛ типа ДРИ1000-2 с $T_{цв}$=3200 К, специально разработанная для телевидения, но и она дает наибольший эффект лишь при использовании иа выездных передачах, в особенности в сочетаиии со стационарными ОУ, выполненными на ЛН.

Осветительные приборы. Прожекторы и ОП, используемые как для выездных передач, так и в студиях, имеют особеиности, обусловленные спецификой применения и характером светораспределения, конструктивным решением, степенью защиты от окружающей среды, способом установки и т. п. Приборы имеют сравнительно иебольшие габариты и массу, а также возможность изменять в широких пределах рабочее положение. Степень их защиты от окружающей среды IP20—IP23 обусловлеиа требованием обеспечения минимальных габаритов и массы. При кратковремеиином их использовании на открытых площадках предусматриваются специальные брызгозащитные козырьки. В приборах можно также устанавливать такие элементы, как шторки для ограиичения светового пучка, конвертирующие и цветные светофильтры. Блоки мгновенного перезажигания БМП (для МГЛ) позволяют мгновенио перезажигать лампу в горячем состоянии.

По характеру светораспределеиия ОП могут быть разделены на две группы: прожекторы с узким и, как правило, регулируемым световым пучком; светильиики с полуширокнм и широким светораспределением.

Наибольшее распространеиие для студийиых и виестудиiных передач имеет серия прожекторов типа ТПЛ с ЛН (см. рис. П.15, *г*). Оптическая система ТПЛ, состоящая из ступеичатой дисковой линзы и сферического коитротражателя, благодаря системе расфокусировки позволяет в широких пределах изменять световой пучок. Практически все световые эффекты в студиях обеспечиваются этой серией прожекторов (табл. 13.38) [13.55].

Высокая яркость н малые размеры светящего тела шаровых МГЛ позволили создать иа их основе серию прожекторов «Радуга» (рис. П.15, *в*) с оптической системой, близкой к ТПЛ. Эта группа прожекторов (табл. 13.38), предназначенная в основном для выездных телепередач, имеет встроенный в корпус БМП и также соединенный с ним с помощью переходного кабеля пускорегулирующий аппарат. По сравиеиию с прожекторами типа ТПЛ прожекторы «Радуга» обладают более высокими светотехническими характеристиками, а также хорошим сочетанием по спектру с естественным освещением, в то время как ТПЛ ие могут использоваться в подобных случаях без конвертирующих светофильтров.

В стационарных ОУ, обеспечивающих возможность передач цветиого телевидеиия, широко используются прожекторы типов ПГП и ПГЦ (см. § 13.11).

В группе светильников, применяемых в студиях, наибольшее распространение получили ОП рассеяниого света типа ТСИМ (см. рис. П.15, *д*). В отличие от прожекторов они служат для создания мягкого, заполияющего светом снимаемое пространство. Светильники ТСИМ нашли широкое применение в студиях, стацнонариых виестудийных установках, а также при проведении репортажей (табл. 13.38). Для освещения больших поверхностей светильники ТСИМ часто набираются в группы. Светильник типа «кососвет» (см. рис. П.15, *г*), имеющий иесимметричное распределение, служит для равномерного освещения фонов, задиików, циклорам в студиях.

Среди ОП с шаровыми и линейными МГЛ представляет интерес светильник типа «Люкс-575» (см. рис. П. 15 *ж*), сочетающий небольшие габариты и интенсивность светового пучка мощного прожектора. Светильники серии «Люкс» с линейными МГЛ в выездных передачах играют роль, подобную светильникам ТСИМ. Благодаря широкому световому пучку с высокой равномерностью они могут успешно применяться на выездных передачах в помещениях с недостаточным

Таблица 13.38. Основные световые, электрические и конструктивные параметры ОП, применяемых в телевидении

Тип прибора	Тип источника света	Напряжение, В	Мощность, Вт	Осевая сила света I_0, ккд (коэффициент усиления)	Углы рассеяния для 0,5 I_0, град		Габаритные размеры, мм			Масса, кг
					Плоскость					
					вертикальная	горизонтальная	Длина (глубина)	Ширина	Высота	
Прожекторы										
ТПЛ-15А*	КПЖ220-500	220	500	60	—	14	360	300	480	5
ТПЛ-25А*	КПЖ220-2000	220	2000	250	—	16	570	400	800	10
ТПЛ-35А*	КПЖ220-3000	220	3000	400	—	13	700	480	950	22
ПТШМ-1200 «Радуга-1»	ДРИШ1200	220	1200	400	7	7	495	600	580	17
ПТШМ-2500 «Радуга-2»	ДРИШ2500	220	2500	750	7	7	630	645	780	26
ПТШМ-4000 «Радуга-4»	ДРИШ4000	380	4000	1500	5,5	5,5	730	740	1000	45
Светильники										
ТСИМ-500	КГ220-500-1	220	500	12	35	70	335	300	355	4
ТСИМ-1000	КГ220-1000-4	220	1000	25	35	70	415	400	420	5,5
ТСИМ-2000	КГ220-2000-3	220	2000	48	50	80	415	450	420	6
ГТУ01-575-001-У2 «Люкс-575»	ДРИШ575	220	575	30 (10)	40	40	360	290	310	6
ГТУ01-1000-002-У2 «Люкс-1»	ДРИ1000-2	220	1000	57 (9)	25	70	650	280	570	20
ГТУ01-1000-003-У2 «Люкс-2»	ДРИ1000-2	220	1000	32 (5)	60	70	650	280	570	20
ГТУ01-2000-004-У2 «Люкс-2»	ДРИ2000-1	380	2000	140 (10)	25	70	840	840	740	30
ГТУ01-2000-005-У2 «Люкс-21»	ДРИ2000-1	380	2000	48 (3,5)	70	80	840	840	740	30
ГТУ01-3500-006-У2 «Люкс-3»	ДРИ3500-1	380	3500	240 (10)	25	70	840	290	740	30
ГТУ01-3500-07-У2 «Люкс-31»	ДРИ3500-1	380	3500	78 (3,5)	70	80	840	290	740	30
ГТУЛ1-2000(1×3500)008-У2 «Люкс-32»	ДРИ2000-1, ДРИ3500-1	380	2000, 3500	140,240 (10)	25	70	840	290	740	30
ГТУ01-2000(1×3500)009-У2 «Люкс-33»	ДРИ2000-1, ДРИ3500-1	380	2000, 3500	48,78 (3,5)	70	80	840	290	740	30
ИСПОЗ-1000-001-У4 «Кососвет»	КГ220-1000-4	220	1000	—	59	40	340	350	690**, 495***	4,5

* В расфокусированном состоянии: ТПЛ15А — I_0=14 ккд, угол рассеяния в горизонтальной плоскости 40°; ТПЛ-25А — 25 ккд, 50°; ТПЛ35А—40 ккд, 45°; «Люкс-575» — 15 ккд (коэффициент усиления 4), углы рассеяния в вертикальной и горизонтальной плоскостях 75°.

** При установке на трубу.

*** При установке на полу.

естественным освещением, а при проведении репортажей — с расстояний до 35 м [13.54].

В условиях телевизионных студий ОП устанавливаются в большинстве случаев на телескопических подвесах, пантографах или штанкетах, размещенных по потолку студии с определенными интервалами. Телескопические подвесы располагаются в основном в средней части студии, они могут перемещаться по монорельсам в пределах 2—2,5 м, что позволяет уточнить положение устанавливаемого на них ОП в зависимости от расположения декораций и требуемого характера освещения. С помощью системы дистанционного управления осуществляются подъем и опускание ОП, поворот вокруг вертикали, наклон до 90°, а также фокусировка и регулирование напряжения. На подвесе может быть установлено от одного до четырех ОП суммарной мощностью до 10 кВт. Штанкетные подъемники в настоящее время применяются лишь по периметру студии и служат для установки на них ОП для контрового и фонового освещения.

Наряду с указанными видами подвесов в крупных студиях, имеющих балконы, предусматривается установка прожекторов на перилах балкона, обычно кругового, по всему периметру студии. Установка ОП производится на специальных балконных каретках.

Для выездных телепередач штативы для ОП являются наиболее простым и широко распространенным средством их установки.

Основные методы и способы освещения. При всей сложности обеспечения регламентированных световых и цветовых параметров главной задачей телевизионного освещения является решение художественных задач: придание сюжету предусмотренной автором выразительности, атмосферы, создание стиля, соответствующего характеру передачи. С этой точки зрения роль освещения в телевидении трудно переоценить. Появление цвета в телевидении не только добавило новые изобразительные возможности, но и заставило пересмотреть ранее использовавшиеся методы, смягчило световые эффекты, внесло новые ограничения в технику освещения.

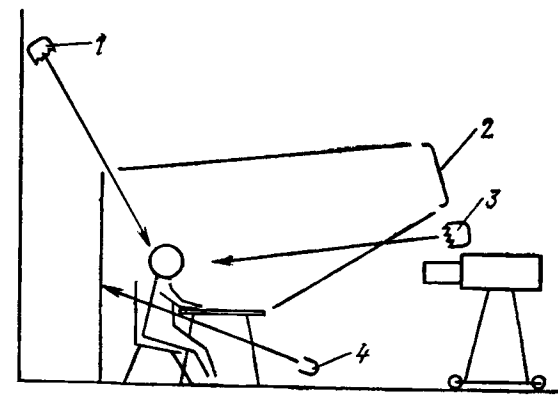


Рис. 13.80. Схема портального освещения.

1 — контровое освещение; *2* — заполняющее; *3* — рисующее; *4* — фоновое.

Как и в черно-белом телевидении, в цветном первостепенную важность для оценки качества освещения

имеет освещение объемного портрета. Его схема включает три классических элемента: рисующее, заполняющее и контровое освещение (рис. 13.80). Рисующее освещение должно подчеркнуть основное изобразительное решение кадра. Используемые для этой цели прожекторы устанавливаются со стороны камеры перед объектом и могут обеспечивать фронтальное (под углом, близким к 0° по отношению к направлению лицо — камера) и моделирующее (обычно под углом до 30° к лицу) — вплоть до скользящего освещения. На практике чаще используется моделирующее освещение как более естественное, при фронтальном плохо передается рельеф (лицо уплощается), при скользящем чрезмерно подчеркивается рельеф лица (выявляются все его дефекты). Заполняющее освещение дает мягкий, равномерный свет на всю сцену, устраняет резкие тени, смягчает контрасты, созданные рисующим освещением. Его отсутствие или недостаток не только ухудшает изобразительные возможности, но и приводит к появлению технических дефектов в кадре. Напротив, при чрезмерном преобладании заполняющего освещения изображение становится плоским, лишенным выразительности. Для заполняющего освещения используются ОП рассеянного света. Контровое освещение осуществляется с помощью прожекторов, устанавливаемых за персонажами, и придает кадру глубину, объемность, выделяет объекты на фоне. В чрезмерных количествах контровое освещение может создать на лице нежелательные тени, придать жесткость, другой характер. По сравнению с черно-белым телевидением в цветном необходимо получить более мягкое освещение со значительно большим удельным весом заполняющего освещения. Характерным для освещения портрета является также практически полное отсутствие цветовых эффектов, поскольку для психологически верной цветопередачи в первую очередь требуется достоверное воспроизведение телесных оттенков.

При передаче общих планов с большим количеством персонажей, а также при их перемещении в кадре принципы портретного освещения не могут быть применены. В этих случаях с помощью световых эффектов необходимо создать такое распределение яркостей и цвета, при котором отчетливо выявляются главные объекты кадра, достигается необходимое эмоциональное воздействие (подчеркивается или, напротив, устраняется перспектива, плавные или резкие чередования освещенных и затененных участков и т. п.). Решение этих задач требует не только знания основных технических требований, предъявляемых к освещению, владения осветительными средствами, но и понимания художественных особенностей каждой передачи. Для их технического воплощения в каждой студии имеется широкий выбор ОП различного типа, стационарно установленных таким образом, чтобы обеспечить возможность качественного освещения больших и малых сцен. При этом коэффициент одновременного использования установленных ОП, как правило, не превышает 60—70 %. На рис. 13.81 приведена схема размещения ОП на потолке павильона. В малых, так называемых дикторских студиях, откуда производится показ крупных и средних планов не более 2—3 человек, схемы освещения близки к портретным, что позволяет ограничить количество и типы применяемых ОП, а также зоны их размещения.

Большие сложности возникают при решении внестудийных телепередач. Здесь требования получения высококачественного телеизображения находятся, как правило, в противоречии с практическими возможностями размещения и ориентации ОП. Наиболее простым методом приспособления существующих ОУ объектов, с которых ведутся телепередачи, к телевизионным требованиям является применение на время передачи дополнительных ОП. С этой целью на студиях имеются специальные автобусы со светотехническим оборудованием: прожекторами, светильниками, лампами, штативами, кабелем, различными приспособлениями (шторками, фильтрами, экранами и пр.), с помощью которого можно создать телевизионное освещение объекта, более или менее приближающееся по качеству к студийному. Однако на практике использование передвижных осветительных средств является далеко не всегда оптимальным решением задачи, а в ряде случаев и просто

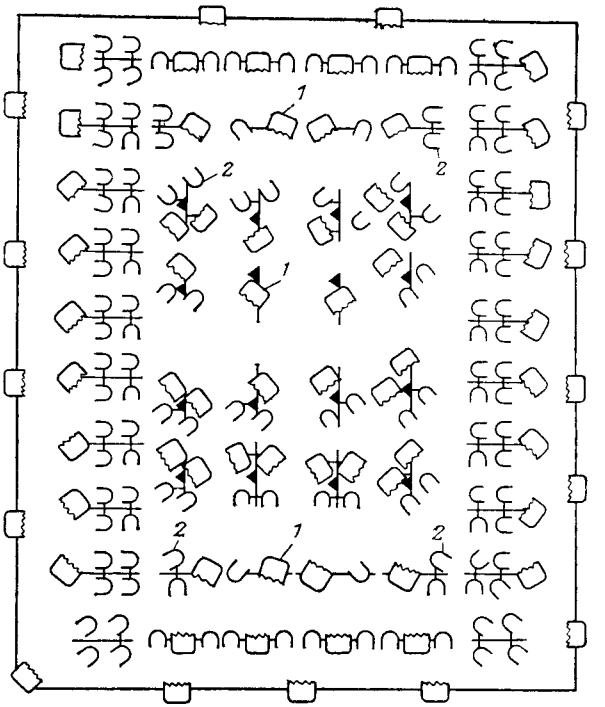


Рис. 13.81. Примерное размещение осветительных приборов на потолке в телестудии 500—600 м². Установленная мощность 450 кВт.

1 — прожектор; *2* — светильник направлено-рассеянного светораспределения.

недопустимым. Трансляция по телевидению концерта из театрального зала или волейбольного матча из спортзала требует в большинстве случаев существенной переделки традиционной ОУ, рассчитанной на спортсменов, актеров и зрителей. Использование же передвижных ОП, устанавливаемых в проходах в зрительном зале, на сцене или спортивной площадке, оказывает мешающее действие и, как правило, является недопустимым. Наилучшим решением в таких случаях является реконструкция системы освещения объектов, с которых регулярно проводятся цветные телепередачи. Наибольшее развитие эта тенденция получила в области спортивного освещения.

Другой группой объектов, для которых проводится реконструкция ОУ с учетом требований цветного телевидения, являются театрально-концертные залы, залы заседаний и др. Их специфика выдвигает необходимость решения в каждом случае следующих основных задач: сохранение архитектурного облика интерьера не допускает установки ОП в требуемых зонах, вследствие чего показ значительной части зала в большинстве случаев невозможен; создание повышенных значений $E_{об}$, необходимых для цветного телевидения, приводит к при-

менению прожекторов, являющихся источником повышенного слепящего действия, недопустимого при проведении ответственных мероприятий, связанных со сложной зрительной работой (чтение доклада и т. п.); выбор применяемых ОП ограничивается необходимостью их сочетания по спектру излучения со стационарной установкой. В большинстве старых залов, где используются люстры с ЛН, телевизионные камеры настраиваются на $T_ц$=3200 К, вследствие чего в дополнительно устанавливаемых ОП и прожекторах должны использоваться также ЛН или МГЛ с конвертирующими фильтрами; подвесные и настенные ОП с хрустальными элементами, часто встречающиеся в залах, являются источниками недопустимой яркости для телекамер и приводят к появлению дефектов изображения; трансляция театральных постановок в их оригинальном виде невозможна из-за несоответствия яркостной и цветовой картин спектакля требованиям цветного телевидения, необходима «адаптация» спектакля к телевизионным требованиям. Это направление получило в последние годы развитие применительно к наиболее трудным для телевидения видам искусства — опере и балету.

Удовлетворение всех этих требований применительно к каждому объекту является сложной инженерной задачей. В качестве примера сочетания телевизионных требований с архитектурным стилем помещения может быть приведена ОУ Колонного зала Дома Союзов в Москве. Зал освещается с помощью старинных хрустальных люстр и настенных ОП, придающих ему неповторимый облик. Вследствие этого в качестве дополнительного телевизионного освещения предусматривается лишь установка ОП с МГЛ или ЛН. Разумеется, такое освещение не позволяет получить разнообразия световых эффектов на сцене и в зале, а лишь увеличивает значение $E_н$. Тем не менее, подобное решение представляется рациональным, поскольку позволяет осуществлять телепередачи без применения переносных ОП при сохранении внешнего облика помещения. При строительстве новых объектов имеются бо́льшие возможности удовлетворения требований телевидения, чем при реконструкции старых. Так, при освещении пресс-центра Олимпиады-80 были использованы ОП типа «Люкс-1» (см. рис. П. 15, *з*), с помощью которых была достигнута минимальная освещенность не менее 1000 лк.

Из стационарных наружных ОУ, учитывающих требования цветного телевидения, наряду со стадионами следует отметить установки центральных аэропортов, с которых регулярно осуществляются репортажи.

13.13. ПРЕДПРИЯТИЯ БЫТОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

Зрительная работа, которую приходится выполнять производственному персоналу, весьма разнообразна, различны и требования к ОУ. Так, в швейных и трикотажных ателье необходимы высокие уровни освещенности и цветоразличение, в часовых и ювелирных мастерских наряду с высокой освещенностью следует исключать отраженную блескость.

Основные требования к осветительным установкам. Предприятия бытового обслуживания по характеру зрительной работы могут быть разделены на четыре группы в соответствии с классификацией, приведенной в [44]:

1. Производственные помещения, в которых линия зрения фиксированно направлена на рабочую поверхность (мастерские по ремонту и пошиву изделий и т. д.).

2. Помещения для посетителей, где зрительная работа заключается в обзоре окружающего пространства и в рассматривании объекта различения (помещения приема заказов и т. д.).

3. Помещения, где происходит эпизодический обзор окружающего пространства.

4. Вспомогательные помещения, в которых имеет место обзор окружающего пространства или только ориентировка в пространстве и свободное передвижение в помещениях (гардеробы, проходы, вестибюли и т. п.).

В цехах ателье по пошиву и ремонту одежды, трикотажных изделий и мехов требуемая точность зрительной работы очень высокая, объекты различения имеют размеры 0,15—0,3 мм, в других помещениях — высокая (размер 0,3—0,5 мм) и лишь в цехах глажения — средняя (0,5 мм и более). При этом продолжительность зрительной работы составляет более 50 % рабочего времени. В этих цехах вероятность возникновения отраженной блескости незначительна. Высокие требования предъявляются к цветопередаче (кроме цеха глажения), а также к значениям коэффициента пульсации, нормируется показатель дискомфорта. Основное требование к ОУ — устройство комбинированной системы освещения с высоким уровнем освещенности от локализованного общего освещения, выполняемого ЛЛ. Особенно важны достаточная освещенность и хорошее цветоразличение в местах ручных портновских операций, возможно более равномерное освещение рабочих поверхностей; создание в примерочных кабинах мягких теней на лице клиента, а на примеряемом изделии, по возможности, уменьшение отраженной блескости; обеспечение достаточно высокого уровня вертикальной освещенности в плоскости выставленных конфекционных изделий.

В фотоателье требования к точности зрительной работы средние, кроме помещения для ретуши, где относительная продолжительность зрительной работы превышает 50 %. Практически во всех помещениях фотоателье (кроме съемочного зала) нормируется показатель дискомфорта, а в помещении для ретуши — коэффициент пульсации. Основные требования: рекомендуется устройство общего освещения; в залах для фотосъемки должна применяться специальная осветительная аппаратура с зеркальными ЛН для создания направленного освещения лица клиента, а также подвесные ОП, устанавливаемые над головой клиента для смягчения резких теней. За креслом клиента должны размещаться светлые экраны, подсвечиваемые ЛЛ. Общая мощность такой ОУ достигает 8 кВт.

В ателье химчистки высокая точность зрительных работ требуется в помещении для выведения пятен, в прочих помещениях выполняются работы средней точности. Продолжительность зрительной работы составляет от 20 до 50 % рабочего времени (менее 20 % — в цехе механической чистки). Отраженная блескость должна исключаться лишь на столах пятновыведения. Предъявляются высокие требования к цветопередаче и коэффициенту пульсации, нормируется показатель дискомфорта. Для выполнения этих зрительных задач необходимо применять общее локализованное освещение; обеспечивать высокую освещенность и хорошую цветопередачу на столах пятновыведения с устройством местного освещения; выбирать ОП в строгом соответствии с условиями окружающей среды. Изложенное не относится к пунктам приема вещей в химчистку, где относительно сложная зрительная работа имеет место только в салоне приема заказов и необходимо местное освещение на столе приемщицы. В остальных помещениях рекомендуется общее освещение.

В парикмахерских очень высокая точность зрительной работы имеет место в косметическом кабинете, высокая — в мужском и женском залах и средняя — в остальных помещениях. Возможно появление отраженной блескости от инструментов. Предъявляются высокие

Таблица 13.39. **Нормы освещенности и качественные показатели, рекомендуемые источники света и светильники для характерных предприятий бытового обслуживания населения**

Помещения	Группа помещений по п. 1.2 [4]*	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В-вертикальная), высота над полом, м	Рекомендуемый источник света (тип)	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый тип светильников	Наличие розеток и их назначение	Условия среды
Бани:									
ожидальные. остывочные	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	150	60	—	ЛСО02, ЛПО01, УСП	—	Нормальные
раздевальные	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	75	—	—	То же	—	»
моечно-душевые	II	Г-0	ЛЛ (ЛБ), ЛН	75	—	—	ПВЛП	—	Особо сырые
бассейны	II	Г-0	ЛЛ (ЛБ) ЛН	100	—	—	ПВЛП, ПВЛМ	—	Сырые
парильные	II	Г-0	ЛН ЛЛ	75***	—	—	НСП04, БУН	—	Особо сырые
Парикмахерские	I	Г-0,8	(ЛБ, ЛХЕ), ЛЕ, в помещениях для маникюра ЛЛ (ЛБ, ЛТБЦ)	400	40	15	ЛСО02, ЛПО01, УСП, ЛВО	Для подключения приборов и инструментов	Нормальные
Фотографии:									
салоны приема и выдачи заказов	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛЕ, ЛХЕ)	200	60	20	ЛСО02, ЛПО02, УСП, Л2010М	Для местного освещения стола приема и выдачи заказов	»
съемочный зал фотоателье	II	Г-0,8	ЛН	100***	—	20	Спецнальные	Для подключения приборов	»
фотолаборатории	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛЕ)	200	60	20	ПВЛМ	Для подключения приборов	Влажные
помещение для приготовления растворов и регенерации серебра	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ), ЛН	200	60	—	ПВЛМ, ПВЛП		Химически активные
помещение для ретуши:									
общее освещение (в системе комбинированного освещения)	II1б	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛЕ, ЛХБ)	100	60	20	ЛПО02, ЛСО02, УСП, Л2010М	—	Нормальные
общее и местное освещение рабочего места (ретушь, фотографии)	—	—	—	1000	—	10	Для ретуши негатнвов — осветительные устройства, позволяющие выявлять дефекты негативов	—	»
Прачечные:									
отделения приема и выдачи белья	I	Г 0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	200	60	20	ЛПО02, УСП, Л2010М	Для местного освещения	»
хранение белья	I	В-1	ЛЛ (ЛБ)	75	60	—	ПВЛМ, ПВЛП	То же	Класса П-IIа
стиральные отделения:									
стирка механическая и приготовление растворов	I	Г-0	ЛЛ (ЛБ)	100	60	20	То же	—	Сырые
стирка ручная	I	Г-0	ЛЛ (ЛБ)	150	60	20	ПВЛП	—	Особо сырые
хранение стиральных материалов	—	Г-0	ЛЛ (ЛБ)	50	—	—	ЛДОР	—	Нормальные
сушильно-гладильные отделения:									
механические	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	200	60	15	ПВЛМ, ПВЛП	—	Влажные жаркие
ручные	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	300	40	15	То же	—	То же
отделения разборки, починки и упаковки белья	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	200	60	20	ПВЛМ	Для местного освещения	Класса П-IIа
Прачечные самообслуживания	I	Г-0	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	200	60	20	ПВЛП, ПВЛМ	—	Влажные
Ателье химической чистки одежды:									
салон приема и выдачи одежды	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХЕ, ЛЕ)	200	60	20	ЛСО02, ЛПО02, УСП, Л2010М, ЛВО	Для местного освещения столов приема и выдачи	Нормальные
помещения химической чистки	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛХЕ, ЛЕ)	200	60	20	ПВЛП, ПВЛМ	—	Класса П-IIа

Продолжение табл. 13.39

Помещения	Группа помещений по п. 1.2 [44]*	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная), высота над полом, м	Рекомендуемый источник света (тип)	Освещенность рабочих поверхностей, лк	Показатель дискомфорта, не более	Коэффициент пульсации, %, не более	Рекомендуемый тип светильников	Наличие розеток и их назначение	Условия среды
отделение выведения пятен	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛХЕ, ЛЕ)	500	40	10	ПВЛП, ПВЛМ	—	П-IIа
помещения для хранения химикатов (легковоспламеняющиеся жидкости)	—	Г-0	ЛН	75	—	—	Н4БН-150	—	Класса В-Iа
Ателье пошива и ремонта одежды и трикотажных изделий:									
пошивочные цеха	IIб	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХЕ, ЛЕ)	750**	40	10	ПВЛМ, ЛДОР	—	Класса П-IIа
закройные отделения и отделения ремонта одежды	IIв	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХЕ, ЛЕ)	500**	40	15	То же	—	То же
отделения подготовки прикладных материалов	IIIв	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХЕ, ЛЕ)	300**	40	15	ПВЛМ	—	» »
отделение ручной и машинной вязки	IIб	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛХЕ, ЛЕ)	750**	40	10	ПВЛМ, ЛДОР	—	» »
утюжные и декатировочные	I	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	300	40	15	ПВЛМ	—	Влажные
Пункты проката:									
помещение для посетителей	II	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	200	60	20	ЛСО02, ЛПО02, УСП	Для местного освещения стола приемки и выдачи	Нормальные
кладовые	—	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	150	—	—	ПВЛМ	—	Класса П-IIа
Ремонтные мастерские:									
изготовление и ремонт головных уборов, скорняжные работы	IIб	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	750**	40	10	ПВЛМ, ЛДОР	Для местного освещения рабочих мест	То же
ремонт обуви и галантерен металлоизделий, изделий из пластмассы, бытовых электроприборов	IIб	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	300**	40	10	ЛДОР, ЛПО13	То же	Нормальные
ремонт часов, ювелирные и граверные работы:									
общее освещение (в системе комбинированного)	Iв	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ, ЛХБ, ЛЕ)	300**	40	20	ЛСО02, ЛПО02, УСП	» »	»
общее и местное	—	—	—	3000	—	10	—	Для местного освещения рабочих мест	»
Ремонт фото-, кино-, радио- и телеаппаратуры:									
общее освещение в системе комбинированного	IIв	Г-0,8	ЛЛ (ЛБ)	300**	40	20	ЛДОР	—	»
общее и местное	—	—	—	2000	—	10	—	Для освещения рабочих мест	»
Студии звукозаписи:									
помещения для записи, перезаписи и прослушивания	I	Г-0,8	—	100	40	20	ЛСО02, ЛПО02, Л2010М	—	»
фонотеки	I	Б-1	ЛЛ (ЛБ)	100	60	20	То же	—	»

* Для производственных помещений указан разряд работы. По выполнению зрительных задач помещения относятся к I группе.

** При использовании ЛН уровень освещенности следует снижать на одну ступень, во всех других случаях — на две ступени.

*** В случае использования ЛН.

требования к цветопередаче, особенно при окраске волос, нормируется показатель дискомфорта и коэффициент пульсации. Специфические требования следующие: следует создавать систему общего локализованного освещения с достаточно высоким уровнем освещенности (желательно регламентировать и вертикальную освещенность); необходимо по возможности обеспечивать образование мягких теней на лице клиента, особенно в косметическом кабинете; уменьшать отраженную блескость на рабочем столе мастера.

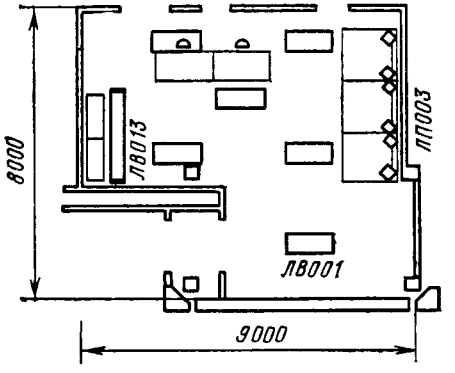


Рис. 13.82. Проект освещения салона приема и выдачи одежды.

В мастерских по ремонту металлоизделий, часов, ювелирных украшений и т. д. очень высока точность зрительной работы и отраженная блескость возникает от обрабатываемых предметов. Нормируются качественные характеристики освещения. Основные требования: устройство комбинированной системы освещения, часть общего локализованного освещения должна выполняться с помощью ЛЛ, местное освещение — ЛЛ или ЛН; принятие мер по ограничению отраженной блескости; учет того, что в мастерских, где оборудование расположено вдоль стен, возможно затенение рабочего места работающим, а также снижение освещенности от общего освещения у стен; обеспечение окраски стен в светлые тона ($\rho \geqslant 0{,}5$); применение ОП полушироко светораспределения; установка одного из рядов ОП непосредственно над рабочими местами с целью уменьшения возможности затенения рабочей поверхности работающим.

В прачечных следует обращать внимание на выбор ОП с учетом окружающей среды.

Нормы искусственного освещения. В табл. 13.39 приведены нормируемые количественные и качественные параметры освещения в помещениях предприятий бытового обслуживания населения, а также характеристика условий окружающей среды, которую рекомендуется учитывать при проектировании. Согласно [44] в ряде помещений допускается применение совмещенного освещения. В некоторых помещениях (раздевальных бань, стиральных и сушильно-гладильных отделениях прачечных, санитарно-бытовых помещениях, коридорах, проходах, ожидальных здравпунктов, помещениях для личной гигиены женщин) допускается не предусматривать естественного освещения.

Источники света, выбор и размещение ОП. Для общего освещения, как правило, используются ЛЛ, для местного — ЛН. Целесообразно применение ОП с ЛЛ и для местного освещения.

В значительной части мастерских по ремонту изделий линия зрения работающего направлена на объект, яркость которого может быть меньше (граверные, ювелирные работы) или больше (например, контроль поверхности грампластинок) яркости фона. В первом случае необходимо, чтобы светящая поверхность ОП отражалась от рабочей поверхности в направлении линии зрения мастера. Для этой цели для общего и местного освещения необходимо использовать ОП с рассеивателями. Во втором случае отраженный поток не должен совпадать с линией зрения. Желательным является направление света из-за спины работающего. Светильники должны иметь несимметричное светораспределение или

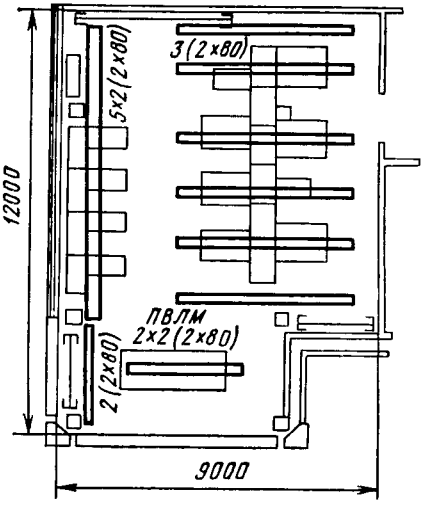


Рис. 13.83. Проект освещения цеха ремонта верхней одежды.

устанавливаться наклонно. При отсутствии особых требований применяется общее равномерное освещение, а при высокой точности работ (например, в раскройных и пошивочных цехах) — общее локализованное. Согласно исследованиям МНИИТЭП оптимальные относительные расстояния между ОП с ЛЛ (или между их рядами) составляют 1,3—1,5.

При необходимости создания односторонних мягких теней необходимо, чтобы световой поток падал на лицо клиента со стороны зеркала сверху вниз и под некоторым углом к основному направлению линии зрения. Общее освещение зала смягчает границы светотеней.

Наиболее благоприятное впечатление от лица создается при направлении падающего света под углами от 15 до 45° к горизонтали. В примерочных кабинах рекомендуется использовать протяженные ИС, расположенные вертикально. Для устранения блескости, где это возможно, целесообразно устройство отраженного освещения.

В больших помещениях (например, на выставках тканей, конфекции и т. п.) целесообразно применять ОП полушироко светораспределения (ЛПО13) с направлением света на вертикальную поверхность под углом 30° к вертикали. Рекомендуемые типы ИС и светильников ОП указаны в табл. 13.39.

На рис. 13.82—13.85 приведены типовые решения салона приема и выдачи одежды, цеха ремонта верхней одежды, мужского зала парикмахерской и цеха ремонта обуви.

Электрические сети. По степени обеспечения надежности электроснабжения электроприемники зданий и помещений предприятий бытового обслуживания населения в целом подразделяются следующим образом: вто-

рая категория — салоны парикмахерские при числе рабочих мест 10 и более, ателье всех типов, комбинаты бытового обслуживания с числом рабочих мест более 50, прачечные и химчистки производительностью в смену 400 кг и более, бани с пропускной способностью 200 человек в сутки и более; третья категория — пункты проката, приемки и выдачи белья, приемные пункты химчистки, ателье всех типов, комбинаты бытового обслуживания с числом рабочих мест 50 и менее, мастерские по ремонту обуви, металлоизделий, часов, прачечные и химчистки производительностью в смену менее 400 кг, бани с пропускной способностью до 200 человек в сутки.

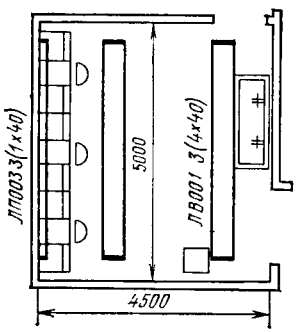


Рис. 13.84. Проект освещения мужского зала парикмахерской.

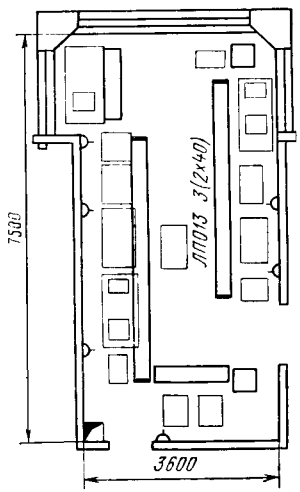


Рис. 13.85. Проект освещения цеха ремонта обуви.

Коэффициент спроса можно принимать для групповой сети рабочего и АЭО, витрин и рекламы равным I, для питающих линий — по [13.1].

Прокладку сети внутри здания (за исключением взрыво- и пожароопасных помещений), как правило, следует выполнять скрытой, сменяемой (см. § 13.1), за исключением подвалов, технических подпольев, насосных, тепловых пунктов, бойлерных, вентиляционных камер, камер кондиционеров и других анологичных помещений, где применяется открытая проводка. В небольших кирпичных зданиях с оштукатуренными стенами осветительные проводки допускается выполнять несменяемыми с прокладкой специальных проводов (например, АППВС) непосредственно по панелям несгораемых перекрытий под штукатуркой, в бороздах стен, в швах между панелями перекрытий и т. п. В зданиях, сооружаемых из деревянных конструкций, электропроводки могут выполняться открыто на изоляционных опорах, или с подкладкой под провода несгораемых материалов, или небронированными кабелями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

13.1. **СН 543-82.** Инструкция по проектированию электрооборудования общественных зданий массового строительства.

13.2. **ВСН 97-75**/Минэнерго. Указания по проектированию городских электрических сетей.

13.3. **Электрические** сети жилых зданий/Г. В. Мирер, И. К. Тульчин, Г. С. Гриберг, В. Н. Смирнов. — М.: Энергия, 1974, с. 175–180.

13.4. **Тарифы** на электрическую и тепловую энергию, отпускаемую энергосистемами и электростанциями Министерства энергетики и электрификации СССР. Прейскурант № 09-01. — М.: Прейскурантиздат, 1980. — 47 с.

13.5. **Инструкция** по организации учета электрической энергии в проектах электроснабжения и электрооборудования общественных зданий, строящихся в Москве. — М.: ГлавАПУ Мосгорисполкома, МНИИТЭП, 1979. — 59 с.

13.6. **Рекомендации** по питанию аварийного освещения зданий зрелищных предприятий и закрытых спортивных сооружений с залами на 800 и более зрительных мест. Информационные указания ВНИПИ ТПЭП, 1977, № 6, с. 10—12 и 1978, № 11, с. 12.

13.7. **Райцельский Л. А.** Технико-экономические показатели электрических проводок. — Светотехника, 1962, № 4, с. 21—24.

13.8. **Дадиомов М. С.** Управление осветительными сетями.— М.: Энергия, 1973, с. 50—60.

13.9. **СНиП III-33-76.** Правила производства и приемки работ. Электротехнические устройства.

13.10. **Лукин Ю. И., Циперман Л. А.** Крепление светильников в общественных зданиях. — Светотехника, 1977, № 8, с. 21–23.

13.11. **НП 7.2-70.** Нормали планировочных элементов. Помещения административных зданий. — М.: Центральный институт типовых проектов, 1970. — 33 с.

13.12. **СНиП II-84-78.** Нормы проектирования. Здания управления.

13.13. **СНиП II-83-78.** Нормы проектирования. Здания конструкторских и проектных организаций.

13.14. **Принципы** освещения интерьеров административных зданий. Обзор. — М.: ВНИИТЭ, 1971. — 64 с.

13.15. **Принципы** освещения интерьеров административных зданий. Рекомендации. — М.: ВНИИТЭ, 1973. — 73 с.

13.16. **Каплинская М. Ю., Шерман А. А.** Расчет кривой силы света светильника для освещения чертежно-копировальных и конструкторских бюро. — Светотехника, 1974, № 3, с. 10—12.

13.17. **Каплинская М. Ю.** Вуалирующее отражение и способы его устранения. — Светотехника, 1975, № 6, с. 2—5.

13.18. **Светотехника** в 1978—1979 годах (Обзор). — Светотехника, 1980, № 1, с. 15—22.

13.19. **Коробицына И. Л.** Архитектурные аспекты освещения административных зданий. — Светотехника, 1972, № 7, с. 4—7.

13.20. **СНиП II-69-78.** Лечебно-профилактические учреждения. Нормы проектирования.

13.21. **Шефтель Е. Б.** Освещение лечебных учреждений. — М.: Энергия, 1977. — 116 с.

13.22. **Освещение** больниц/Под ред. Р. Гопкинсона. — М.: Медицина, 1968. — 160 с.

13.23. **Нудлер Г. И., Тульчин И. К., Шибаев В. И.** Система автоматизации управления освещением рекреаций и коридоров в школьных зданиях. В кн.: «Электроснабжение и электрооборудование жилых и гражданских зданий Москвы»/Под ред. И. К. Тульчина и А. А. Тушиной. — М.: МНИИТЭП, 1971, с. 144—156.

13.24. **Рекомендации** и типовые решения по освещению основных школьных помещений в г. Москве. — МНИИТЭП, 1980.— 36 с.

13.25. **Белостоцкая Е. М.** Гигиена зрения школьников. — М.: Медгиз, 1960. — 136 с.

13.26. **Рекомендации** по проектированию электрического освещения общественных зданий. — МНИИТЭП, 1970.

13.27. **ВСН 17-73/Госгражданстрой.** Указания по проектированию зданий и помещений библиотек.

13.28. **СН 426-71/Госгражданстрой.** Временные указания по проектированию зданий и помещений архивов.

13.29. **СНиП II-77-80.** Магазины. Нормы проектирования.

13.30. **Беркман Ф. Н., Перепелицкий С. Г. и Циперман Л. А.** Электрическое освещение комплекса зданий проспекта Калинина в Москве. — Светотехника. 1971, № 7, с. 1—6.

13.31. **Эпштейн С. Н.** Освещение дома моделей в Минске.— Светотехника, 1976, № 7, с. 17—20.

13.32. **Эпштейн Н. Д.** Проектирование электрического освещения магазинов. — Светотехника, 1970, № 11, с. 20—22.

13.33. **Ревякин В. И.** Художественные музеи. — М.: Стройиздат, 1974. — 150 с.

13.34. **Музейная** эстетика и архитектура музеев/Под ред. А. И. Михайловской. — М.: Советская Россия, 1972. — 372 с.

13.35. **Рекомендации** по проектированию искусственного освещения музеев. — Министерство культуры СССР, 1973.

13.36. **Кликс Р. Р.** Художественное проектирование экспозиций. — М.: Высшая школа, 1978. — 368 с.

13.37. **Лазарев Д. Н.** Разрушающее действие света и освещение музеев. — Светотехника, 1964, № 12, с. 7—9.

13.38. **Кнорринг Г. М.** Искусственное освещение музеев. — М.: Энергия, 1969. — 152 с.

13.39. **Кнорринг Г. М.** Галогенные лампы накаливания в залах Эрмитажа. — Светотехника, 1970, № 11, с. 13—16.

13.40. **Арсеньева Т. А., Уидасынов Г. Н., Федюкина Г. В.** Освещение Центрального музея В. И. Ленина. — Светотехника, 1979, № 7, с. 1—3.

13.41. **Грачев А. И.** Освещение Центрального выставочного зала Ленинграда. — Светотехника, 1978, № 7, с. 5—6.

13.42. **Волоцкой П. В.** Светотехника. — М.: Стройиздат, 1979. — 142 с.

13.43. **Ашкенази Г. Н.** Цвет в природе и технике. — М.: Энергия, 1974. — 88 с.

13.44. **О принципах** оптимизации условий освещения музейных экспонатов/И. П. Горин, Р. А. Девина, Ю. А. Ершов и др.— Светотехника, 1976, № 11, с. 1–4

13.45. **Рекомендации** по проектированию освещения витрин магазинов. — ГлавАПУ Мосгорисполкома, МНИИТЭП, 1974.

13.46. **СН** 407-70/Госграждаистрой. Указания по проектированию освещения территорий учреждений культурно-бытового обслуживания населения, наружного архитектурного освещения и освещение витрин.
13.47. **ВСН**-I-73. Нормы электрического освещения спортивных сооружений. — Спорткомитет СССР, Вильнюс, 1975.
13.48. Демчев В. И., Царьков В. М. Прожекторное освещение. — 2-е изд. — М.: Энергия, 1972. — 80 с.
13.49. **ВСН**-2-69. Указания по проектированию освещения открытых спортивных сооружений
13.50. Царьков В. М. Освещение спортивных сооружений. — М. Энергия, 1971. — 72 с.
13.51. Рекомендации светотехнического общества США по современному освещению спортивных сооружений/Перевод под ред. В. М. Царькова. — М.: Информэлектро, 1971.
13.52. **СНиП** II-76-78. Спортивное освещение. Нормы проектирования.
13.53. Bernhard J. L'eclairage pour la television en couleur. Monographie technique № 3114. Centre technique de L'U.E.R. (Belgique), 1974. — 160 p.
13.54. Шахпарунянц Г. Р., Романова Г. В., Космический Ю. С. Новые осветительные приборы для выездных передач цветного телевидения. — ЭПСИ, 1976, вып. 5(41), с. 14—17.
13.55. Шахпарунянц Г. Р. Освещение общесоюзного телевизионного центра имени 50-летия Октября. — Светотехника, 1979, № 4, с. 22—25.

Раздел четырнадцатый

ОСВЕЩЕНИЕ КВАРТИР

Комфортабельность современной квартиры и высокое качество ее освещения неразрывны. Свет в нашем доме многофункционален и выполняемые им функции вытекают из сложности и разнообразия процессов, происходящих в жилище, и видов деятельности человека, сложности создания искусственной среды его обитания. Только в городах и поселках городского типа ежегодно вводится в строй около двух миллионов квартир, для освещения которых требуется не менее 25 млн. новых ОП. Эти данные, не учитывающие потребности в ОП для замены в существующем жилом фонде, достаточно убедительно свидетельствуют об актуальности и необходимости серьезного подхода к решению проблем освещения жилища.

Создание освещения, которое обеспечивало бы оптимальные условия для работы и отдыха, гармонически соединяя в единое целое все элементы интерьера, — настоятельная потребность сегодняшнего дня. Кроме обеспечения зрительного комфорта, что является главной задачей освещения, свет оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие. Свойства света выявлять форму, цвет и пространство используются как средство обеспечения образного восприятия предметной среды. Свет — один из важнейших элементов организации пространства и главный посредник между пространством и человеком. Свойства света как фактора сильного эмоционального воздействия используются при разнообразных ситуациях, определяющих требования к окружающей обстановке, при этом основная нагрузка, обеспечивающая такую трансформацию окружения, ложится на освещение. Необходимая гибкость освещения может быть достигнута за счет регулирования светового потока ИС, включения или выключения части ламп в ОП, изменения спектрального состава ИС, применения ОП подвижной конструкции, позволяющей изменять положение светового центра и направление светового потока, и др.

14.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОСВЕЩЕНИЯ КВАРТИР

В помещениях современных квартир широко используются системы как общего, так и комбинированного освещения. Система общего освещения применяется для

Таблица 14.1. **Уровни наименьшей освещенности для различных зрительных задач и функциональных зон в жилом помещении**

Основная зрительная задача	Площадь функциональной зоны, м²	Размер рабочей поверхности, м²	Плоскость нормирования освещенности (Г—горизонтальная, В—вертикальная, Н—наклонная), высота над полом, м	Наименьшая освещенность рабочей поверхности*, лк
Прием пищи	3,6—8,0	0,8×1,0—0,8×1,8	Г-0,8	200/100
Приготовление пищи	3,5—4,5	1,6×0,6—2,3×0,6	Г-0,8	200/100
Занятия:				
работа за письменным столом	2,5—3,2	0,6×0,8	Г-0,8	300/150
чтение в кресле	—	0,3×0,3	Н (45°, центр)-0,7÷0,8	200/100
ориентирование ночью	—	—	Пол	5/5
Отдых:				
чтение	2,0—9,0	0,3×0,3	Н (45°, центр)-0,7÷0,8	200/100
рукоделие (шитье, штопка, вышивание, вязание, и т. п.)	2,0—9,0	0,3×0,3	Н (45°, центр)-0,8÷0,9	100/50
прием гостей, беседы, игры	2,0—9,0	0,3×0,3	Г-0,8	100/50
Туалет и косметика	1,5—2,5	0,3×0,3	В (на лице, положение — сидя)-1,05÷1,25	200/100
Туалет в ванной:				
умывание, бритье	2,6—3,5	0,3×0,3	В (на лице)-1,6	200/100
мытье, стирка	2,6—3,5	—	Пол	150/100
Уборная	1,2	—	Пол	50/20
Внешний осмотр, косметика в передней у зеркала	1,8—2,2	1,8×0,6	В (положение — стоя)-1,5÷1,6	200/100
Хозяйственные работы:				
ручное шитье	2,5—6,5	0,3×0,3	Н (45°, центр)-0,8÷0,9	400/200
кройка, шитье на машинке	2,5—6,5	0,8×1,8	Г-0,8	400/200
глажение	2,5—6,5	0,8×1,8	Г-0,8	300/150
Любительский труд:				
слесарные, столярные работы	2,0—3,2	0,6×1,8	Г-0,8	300/150
моделирование, рисование	2,0—3,2	0,4×0,6	В-0,8	500/300
игра на музыкальных инструментах (чтение нот)	2,0—3,2	0,3×0,35	Н (~20°, центр)-1,25 (положение — сидя), 1,5 (положение — стоя)	300/150

* В числителе — освещенность при использовании ЛЛ, в знаменателе — при ЛН.

малых помещений с кратковременным пребыванием в них человека и работами, не требующими высокой точности исполнения (проходов, коридоров, кладовых для крупных предметов и др.). Применяется также система общего локализованного освещения. Примером такой системы является освещение ванной комнаты ОП, установленным на стене у зеркала. Обычно для общего освещения используются ОП равномерного или преимущественно отраженного света. Как правило, системой общего освещения экономически нецелесообразно создавать уровни освещенности, обеспечивающие комфортное выполнение напряженных зрительных работ [4]. В этих случаях необходимо использовать систему комбинированного освещения. Дополнительное освещение рабочих поверхностей и отдельных объектов осуществляется ОП местного освещения, устанавливаемыми в непосредственной близости от объектов различения.

При проектировании квартиры учитываются характер ее будущих функций, условия, необходимые для осуществления каждого из бытовых процессов, обеспечения функциональных зон, присущих современному жилищу [14.1]. Наиболее рациональным, обеспечивающим как утилитарные, так и декоративные функции при таких планировочных решениях, является принцип зонального освещения [14.2], основанный на использовании общего, комбинированного или местного освещения отдельных функциональных зон. Зональное освещение обусловливает рост количества ОП в квартире, а следовательно, и существенное разнообразие приемов освещения. Одновременно решение ОУ с учетом принципа зонального освещения обеспечивает экономное расходование электроэнергии.

В соответствии с назначением и характером зрительных работ определяются принципы освещения каждой зоны, выбираются приемы освещения. Однако имеется комплекс требований, выполнение которых необходимо при освещении любой зоны: соответствие уровня освещенности сложности выполняемых зрительных работ, исключение из поля зрения наиболее ярких частей ОП и незащищенных ИС, вызывающих ощущение дискомфорта. Светильники следует рассматривать в качестве неотъемлемых элементов интерьера, органично связанных с его стилем, цветом, пропорциями.

В табл. 14.1 приведены уровни наименьшей освещенности для различных зрительных задач и функциональных зон.

14.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОТРАЖАЮЩИМ ПОВЕРХНОСТЯМ ИНТЕРЬЕРА

Для создания комфортной световой обстановки необходимо не только обеспечить нормируемые уровни освещенности, но и выполнить комплекс требований к качеству освещения: насыщенность помещения светом, выбор цветопередачи ИС, распределение яркости по основным поверхностям помещения, выбор отражающих характеристик элементов интерьера. Чтобы достичь необходимого соотношения яркостей, следует обеспечивать приведенные в табл. 14.2 коэффициенты отражения поверхностей в интерьере.

В табл. 14.3 приводятся диапазоны яркости ограждающих поверхностей, обеспечивающие комфортные условия освещения жилых помещений [14.3].

Качество освещения рабочей поверхности неразрывно связано с ее свойствами, характеризующимися не только коэффициентом отражения. Глянцевая или зеркальная, а в ряде случаев даже и матовая поверхности могут в значительной степени затруднять зрительную работу, создавая при освещении отраженную блескость или вуалирующее отражение. Тщательный выбор направления светового потока, существенное снижение яркости ОП и продуманное их размещение максимально снижают действие вуалирующего отражения и исключают отраженную блескость.

Таблица 14.2. **Коэффициенты отражения поверхностей в интерьере**

Поверхность	Рекомендуемые значения коэффициента отражения
Потолок	0,7—0,8
Стены	0,35—0,6
Вертикальные поверхности оборудования кухонь	0,4—0,6
Драпировки	0,15—0,6
Рабочие поверхности	0,3—0,6
Пол	0,2—0,3

Таблица 14.3. **Яркости потолка, стен и пола жилых помещений**

Назначение помещения	Рекомендуемые значения яркости, кд/м²		
	Потолок	Стены	Пол
Общая и жилая комнаты	20—25	15—18	8—10
Детская	25—30	20—24	11—15
Спальня	9—13	10—14	6—8

Дополнительной характеристикой качества освещения является цвет — один из главных факторов эмоционального восприятия окружающей обстановки. Освещение должно усиливать цветовую гармонию предметов или отдельных частей пространства помещения [14.4] Восприятие цвета предмета в большой степени зависит от отделки его поверхности. Зеркальное отражение от полированной поверхности приводит к изменению цвета, а под определенными углами — к его полной потере; матовые поверхности отражают свет диффузно, и предмет воспринимается в его натуральном цвете. Покрытия с глубокой текстурой (например, ковры с глубоким ворсом) воспринимаются более темными, чем гладкие поверхности того же цвета и яркости. Свет, насыщающий пространство помещения, является результатом многократного отражения светового потока ОП от стен, потолка, пола и предметов окружающей обстановки. Поэтому очень важно соблюдать цветовое соответствие всех элементов, образующих световую среду, соответствие, которое определяется понятием «цветовая гамма» [14.5].

14.3. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Нормальные осветительные ЛН остаются наиболее традиционными и широко применяемыми ИС в жилых помещениях. При этом стремление создать в интерьере интересную игру света и теней, избежать монотонности, повысить эмоциональное восприятие окружающей обстановки в той или иной ситуации требует использования самых разнообразных ЛН: при желании высветить отдельные элементы интерьера, создать акцентирующее или экспозиционное освещение незаменимы зеркальные ЛН; мягкое равномерное освещение может быть создано специальными лампами-светильниками, имеющими декоративную колбу, опаловую или окрашенную (при этом отпадает необходимость в рассеивателях); в хрустальных ОП, создающих в помещении праздничную обстановку, широко используются малогабаритные и маломощные ИС с прозрачной фигурной колбой.

Таблица 14.4. Рекомендуемые типы ЛЛ и наиболее характерные области их применения

Форма колбы ЛЛ	Мощность, Вт	Характерные области применения
Прямая	65 60 (в колбе ЛЛ 40*) 40 40 (в колбе ЛЛ 20*) 30	Общее освещение кухонь, кухонь-столовых; карнизное освещение вертикальных поверхностей, установка под полками и навесным оборудованием кухонь и т. п.
Малогабаритная прямая	20 16 13 8	Настенные ОП местного и комбинированного освещения, настольные и напольные ОП для освещения рабочих поверхностей, ОП для встраивания в мебель
U-образная	30 22 65* 40*	Потолочные ОП общего освещения, настенные ОП для освещения рабочих поверхностей
W-образная	30	Потолочные и подвесные ОП общего освещения жилых и вспомогательных помещений
Кольцевая	60* 40 32 22	Потолочные и подвесные ОП общего освещения, напольные и настенные ОП для освещения рабочих поверхностей

* Лампы вошли в перспективную номенклатуру изделий, разрабатываемых до 1990 г.

Одновременное достижение высокого технического уровня освещения жилища и использование новых приемов освещения в сочетании с бережливым расходом электроэнергии предполагают применение ЛЛ. Многие особенности ЛЛ позволяют утверждать, что они не только пригодны, но и весьма перспективны для применения в жилом интерьере [14.6]. Разнообразие габаритов, форм колб, мощностей и возможностей выбора цветовых оттенков ЛЛ позволяет использовать их в ОП различного назначения (табл. 14.4). Комфортность свето-цветовой среды интерьеров существенно зависит от цветовой температуры и цветопередающих свойств ИС [48, 14.7], выбор которых в свою очередь определяется уровнем освещенности. Наиболее целесообразно применять в жилище ЛЛ с достаточно низкой цветовой температурой (2600—2800 К), приближающейся к температуре ЛН, и особо улучшенной цветопередачей ($R_a > 90$). Разработка таких ИС уже начата (ЛТБЦ и др.). До освоения указанных ИС следует использовать ЛЛ с более высокой цветовой температурой (4000 К), например типа ЛЕЦ. Такие лампы целесообразно устанавливать в кухнях, ванных, прихожих, а также в комнатах с преобладанием холодных тонов в отделке интерьера, особенно в районах с жарким климатом. Люминесцентные лампы с указанными цветовыми температурами приемлемы и при достаточно низких уровнях освещенности (75—150 лк).

14.4. СВЕТИЛЬНИКИ

Светильники для освещения жилища весьма разнообразны как по назначению и внешнему виду, так и по применяемым ИС. В настоящее время выпускается более 3000 исполнений ОП. В наших квартирах традиционными являются ОП с ЛН, в то время как ОП с ЛЛ не пользуются большой популярностью и процент их использования невелик. Это объясняется рядом причин, связанных в частности, с недостаточно высоким качеством выпускавшихся ранее ОП с ЛЛ, обусловленным применением ламп типов ЛБ и ЛД, не вполне пригодных для жилья, шумом ПРА, пульсацией светового потока, неудачными художественными решениями. Устранение этих недостатков значительно расширит применение ОП с ЛЛ в жилище. Уже теперь существенно улучшена номенклатура бытовых ОП с ЛЛ и они по праву могут конкурировать с традиционными ОП при освещении рабочих мест, прихожих, кухонь, при устройстве карнизного освещения, у зеркала и др.

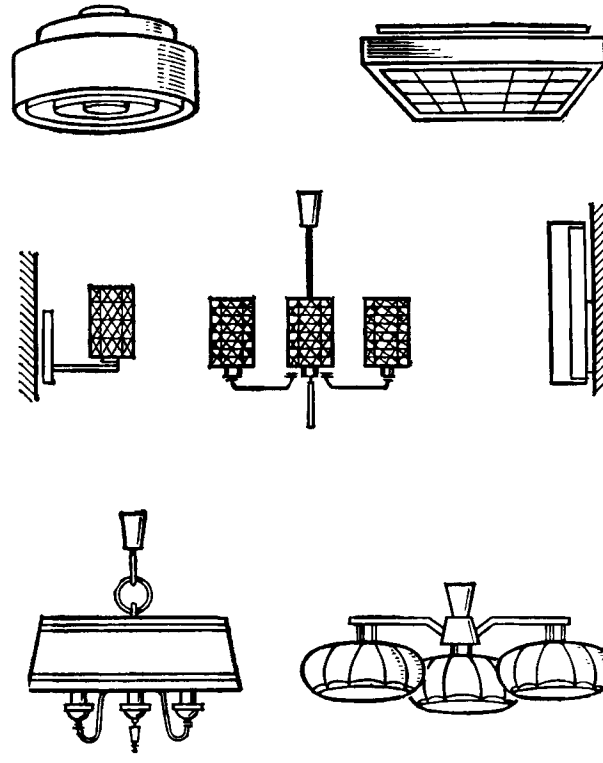


Рис. 14.1. Светильники общего освещения.

Назначение бытовых ОП принято определять по выполняемой ими светотехнической функции [40]. В соответствии с этим различают пять основных типов ОП, принципиальные решения которых для примера приведены на рис. 14.1—14.5:

1) светильники общего освещения — потолочные, подвесные, настенные (рис. 14.1);

2) светильники местного освещения — напольные, настольные, настенные, подвесные, пристраиваемые (рис. 14.2);

3) светильники комбинированного освещения — подвесные, настольные, напольные, настенные (рис. 14.3);

4) световые приборы экспозиционного освещения — потолочные, настенные (рис. 14.4);

5) декоративные светильники — настольные, настенные (рис. 14.5).

Мощность ОП общего освещения зависит от светотехнических характеристик и, как правило, выбирается из расчета удельной мощности 15—20 Вт/м². Мощность ОП местного освещения и световых приборов акцентирующего освещения, как правило, принимается в пределах 60—150 Вт, декоративных ОП — 15—40 Вт. Внешний вид ОП должен обеспечивать стилевое единство в интерьере и соответствовать выполняемой эстетической задаче (главная, второстепенная или незначительная роль в композиционном решении интерьера).

При разработке ОП местного и комбинированного освещения для обеспечения зрительного комфорта необходимо уделять весьма серьезное внимание защитным углам и габаритной яркости светящих частей (см. разд. 5). В табл. 14.5 и 14.6 приводятся значения защитных

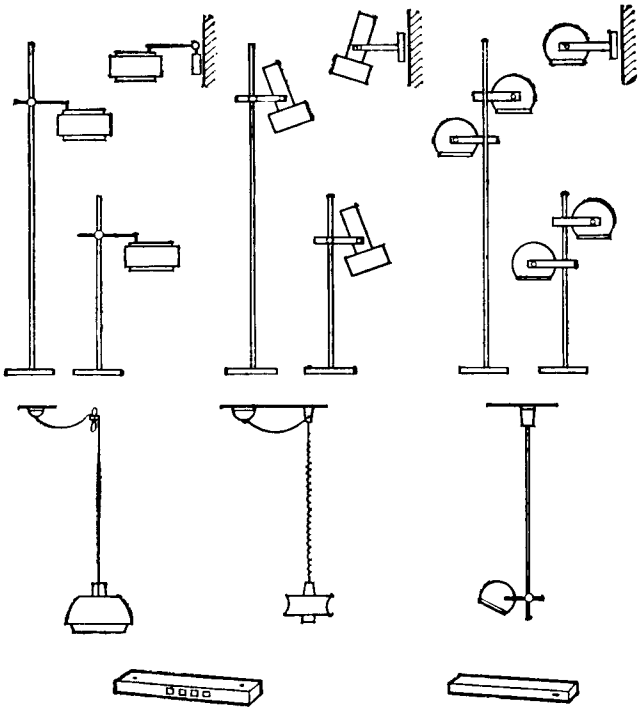


Рис. 14.2. Светильники местного освещения.

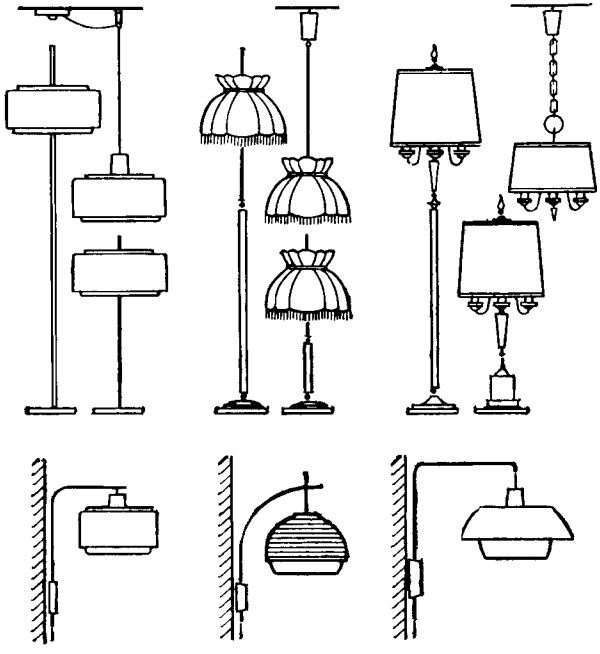


Рис. 14.3. Светильники комбинированного освещения.

Таблица 14.5. Защитные углы светильников местного и комбинированного освещения

Высота светового центра светильника от пола, м	Зона ограничения яркости	Значение защитного угла*, не менее	
		в нижней полусфере	в верхней полусфере
<1,1	85—125°	5°	35°
1,1—1,2	75—110	15	20
От 1,2 до 1,3	65—90	25	Колба лампы накаливания должна быть не выше плоскости среза верхнего выходного отверстия рассеивателя или отражателя
>1,3	60—90	30	

* Защитные углы определены для условия расположения рабочей поверхности на высоте 0,8 м от пола.

Таблица 14.6. Габаритная яркость светильников местного и комбинированного освещения

Класс светораспределения светильника по ГОСТ 13828-74	Значение габаритной яркости*, кд/м², не более	
	для подвесных и напольных светильников при высоте светового центра от пола не более 1,2 м	для настольных, настенных и пристраиваемых светильников при высоте светового центра от пола не более 1,1 м
П	4500	4000
Н	4000	3000
Р	3000	2000

* Поправочные коэффициенты к значениям габаритной яркости для ОП с различной высотой светового центра от пола приведены в [14.8].

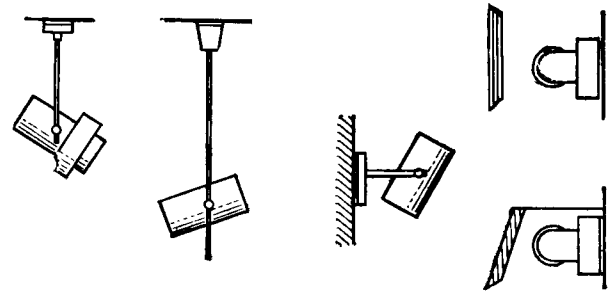


Рис. 14.4. Световые приборы экспозиционного освещения.



Рис. 14.5. Декоративные светильники.

углов и зоны ограничения яркости ОП местного и комбинированного освещения.

14.5. ПРИЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Удачное соединение утилитарных, психологических и эстетических задач освещения — залог успеха в создании комфортной окружающей обстановки. Ниже

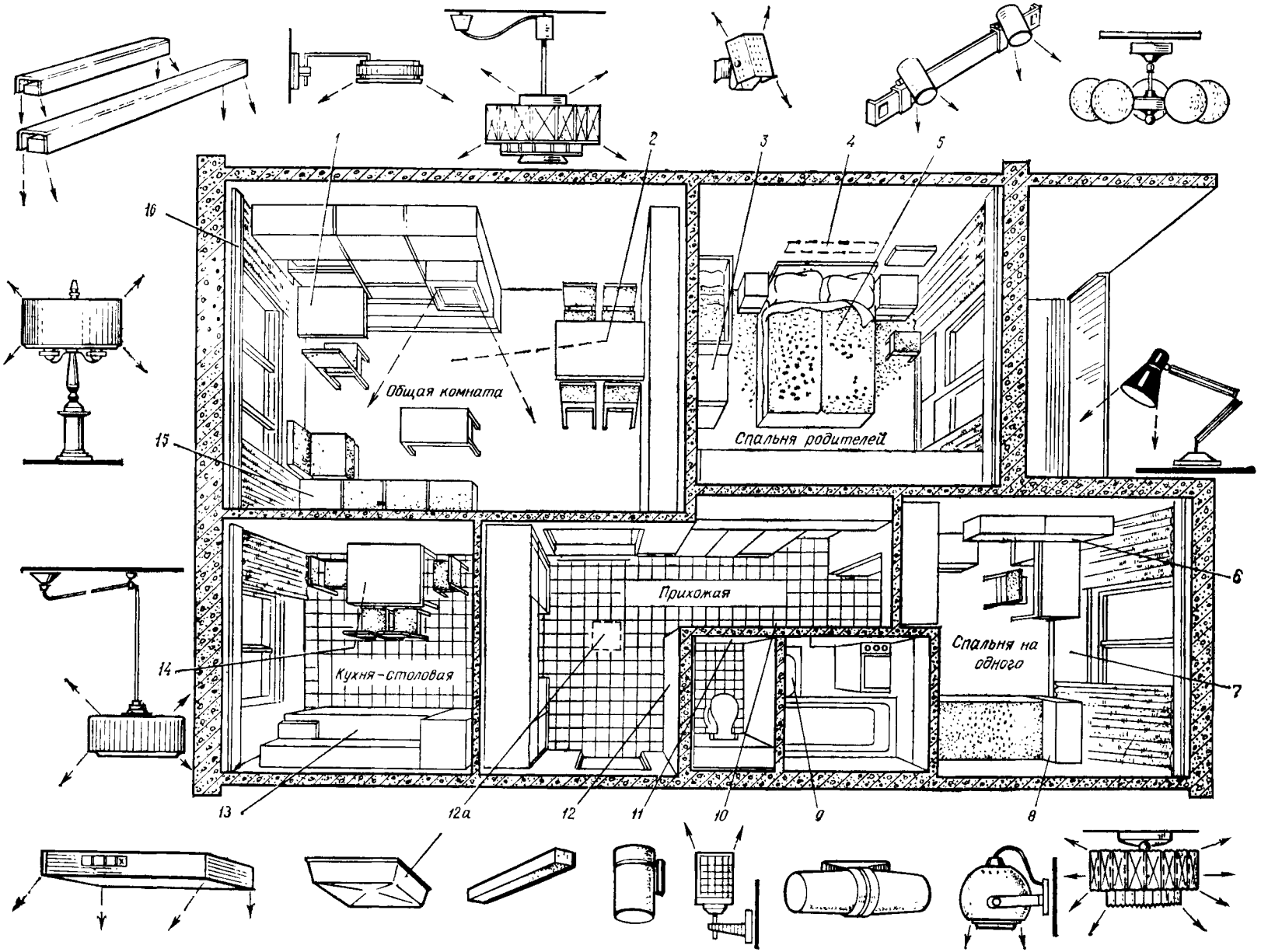


Рис. 14.6. Пример освещения трехкомнатной квартиры светильниками различных типов.

1 — светильник НББ22-60; *2* — НСБ05-3×100; *3* — НББ65-40; *4* — НББ81-2×40; *5* — НСБ11-5×40; *6* — НПБ75-60; *7* — НПБ053×60; *8* — НББ22-60; *9* — НББ61-2×60; *10* — НББ01-60; *11* — НББ61-60; *12* — ФББ02-30; *12а* — ФПБ08-30; *13* — ФВБ01-30; *14* — НСБ01-100; *15* — НПБ84-4×40; *16* — ЛББ17-40.

рассматриваются приемы освещения (выбор ОП, их размещение и возможные способы трансформации, их взаимосвязь и т. п.), основанные на наиболее прогрессивном принципе зонального освещения. Характерные приемы освещения иллюстрируются на примере организации пространства трехкомнатной квартиры и ее основных функциональных зон (рис. 14.6).

Чаще всего освещение прихожей осуществляется одним ОП, установленным посередине потолка. Предпочтение должно отдаваться потолочным ОП. Могут применяться и подвесные ОП с высотой нижней точки не менее 2 м от пола. Если передняя достаточно просторна и имеет зеркало для внешнего осмотра, целесообразно около него устанавливать настенные ОП. При соответствующем размере и интерьере (достаточно парадном) можно рекомендовать установку зеркала со световым обрамлением (рис. 14.7). При желании осветить стену передней целесообразно установить люминесцентный ОП с выходным отверстием вверх и вниз и декоративной передней панелью. В качестве ИС в передней при ее малых габаритах предпочтительней использовать ЛЛ (рис. 14.6, поз. 12 *а*). Жестких светотехнических требований к ОП, используемым в передней, предъявлять не следует, так как помещение рассчитано на кратковременное пребывание людей. Гораздо важней выбрать ОП по внешнему виду, увязав их с интерьером.

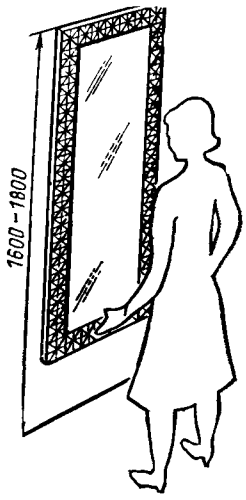


Рис. 14.7. Пример освещения перед большим настенным зеркалом (общая мощность источников светового обрамления около 300 Вт).

Главным помещением квартиры является *общая комната*, некоторые вариаты освещения которой показаны на рис. 14.6.

В комнате чаще всего устанавливается один ОП общего освещения (в середине помещения, где предусмотрен выпуск проводов) и дополнительные ОП для освещения каждой зоны. При таком решении ОП общего освещения должен нести больше эстетическую нагрузку, чем функциональную, для которой используются дополнительные ОП, композиционно увязанные с ним. Это может быть традиционная многорожковая люстра, компактная люстра с несколькими световыми элементами на одной штанге, хрустальная люстра. Такие ОП, будучи полностью включенными, обладают, как правило, большей яркостью. Их блеск стимулирует людей к активной деятельности, они незаменимы для создания праздничной, торжественной обстановки. Для обеспечения в комнате атмосферы спокойствия, интимности, отдыха желательно существенно снизить яркость, что можно обеспечить, предусмотрев несколько режимов включения ИС с помощью переключателя, или динамическим изменением светового потока всего ОП посредством светорегулятора, который можно установить на стене рядом с переключателем или вместо него.

Реже используется такой целесообразный прием освещения, как объединение функций общего освещения комнаты и *обеденной зоны* (рис. 14.8). Целесообразно использовать комбинированный ОП с оптической частью, перемещаемый в пространстве (рис. 14.6, поз. 2). Такое решение обеспечит общее освещение комнаты и создаст комфортные зрительные условия за столом не только во время приема пищи, но и для работ, требующих значительного зрительного напряжения, таких как кройка, шитье, черчение, и т. п., необходимость

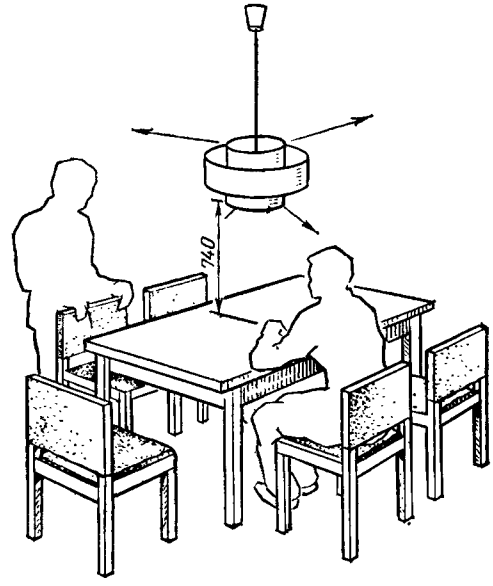


Рис. 14.8. Пример освещения обеденной зоны (суммарная мощность источников света 120 Вт).

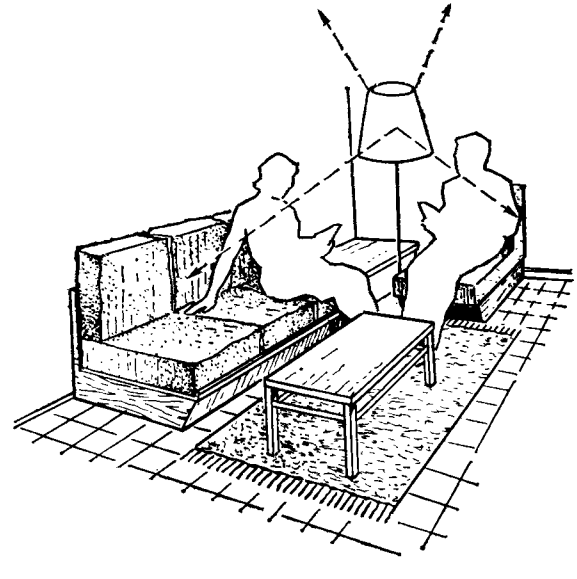


Рис. 14.9. Пример освещения зоны отдыха и семейного общения (суммарная мощность источников света 100—150 Вт).

в выполнении которых носит периодический характер. Достаточно простым решением является перемещение ОП в нужную точку пространства, при котором подвесной шнур ОП, имеющий достаточно большую длину, укрепляется скобой в выбранной точке потолка, сориентированной над центром стола или другой рабочей поверхности.

Не менее существенна в общей комнате *зона отдыха* (рис. 14.9) и семейного общения. Ни одна из зон не может сравниться с ней по разнообразию выполняемых функций. Их диапазон невероятно широк — от сна и просмотра телепередач до длительного чтения и тонкого рукоделия. Наиболее целесообразными для освещения такой зоны следует считать большую настольную лампу с высокой подставкой в том случае, если есть тумба или столик, на который ее можно установить (рис. 14.6, поз. *15*), или напольный ОП. Можно использовать также настенный ОП, желательно с достаточно большим выносным и поворотным кронштейном. Во всех случаях целесообразно, чтобы это были ОП комбинированного освещения суммарной мощностью 150—200 Вт. Габаритная яркость ОП должна соответствовать требованиям табл. 14.6. Для рассеивателей ОП, работающих напросвет, желательна окраска в теплые тона, которая придает коже человека приятный оттенок, смягчает морщины. Нижний срез рассеивателя или отражателя должен находиться на высоте 950—1100 мм от уровня пола. Для напольного ОП желательна возможность регулировки высоты светового центра. При выборе настольной лампы следует учитывать высоту тумбочки или столика, предназначенных для зоны отдыха (500±50 мм). Выход светового потока в верхнюю полусферу весьма желателен при обязательном обеспечении значений защитных углов в этой полусфере (табл. 14.5). Целесообразно использовать ОП со светорегуляторами (гл. 7). Это удобно при просмотре телепередач, для создания интимной обстановки, способствующей отдыху, общению, прослушиванию музыки. Освещение журнального столика можно выполнять и подвесным ОП, особенно удобно, если при этом конструкция ОП позволяет перемещать оптическую часть в пространстве зоны до положения, характерного для напольного ОП или настольной лампы (рис. П. 16, *а*).

В общей комнате может отсутствовать обеденная зона (она может быть перенесена в кухню-столовую или в другую комнату). В этом случае роль освещения зоны отдыха становится еще большей — к подвесному ОП предъявляются все эстетические требования, характерные для предмета обстановки, выполняющего роль композиционного центра интерьера помещения.

В общей комнате может быть расположен музыкальный инструмент. Для его освещения следует предусмотреть дополнительные ОП (рис. 14.10). Лучшим решением является использование ОП направленного света, установленных над или по бокам нотного пюпитра. На крышке пианино может быть поставлен большой декоративный ОП, например, с открытыми ИС в фигурных колбах и светорегулятором.

В общей комнате может располагаться рабочее место, часто секретер. Освещение его рабочей поверхности не отличается от освещения письменного стола, а ОП должен быть небольших размеров, лучше всего встроенный, прикрепляемый к внутренней стенке или полке секретера (рис. 14.6, поз. *1*). Когда секретер закрывается, ОП должен оставаться в его внутренней полости. Для освещения рабочей поверхности секретера в некоторых случаях можно использовать и напольный ОП, перемещаемый из зоны отдыха.

В любой комнате (жилой или спальной) может быть небольшая зона индивидуального отдыха с креслом (рис. 14.11). Здесь можно отдыхать, заниматься рукоделием, читать непродолжительное время. Освещение целесообразно выполнять с помощью настольного, напольного или настенного ОП.

Вторым по значимости помещением квартиры принято считать *спальную комнату* (рис. 14.6). В ней могут располагаться место ребенка в возрасте до трех лет, двуспальная кровать, туалетный столик с зеркалом (в некоторых случаях вместо зоны туалета и косметики организуется место для занятий). Меблировку помещения дополняют емкости для хранения белья, платья и прочих предметов туалета, а при наличии ребенка — тумбочка для детских принадлежностей, белья и одежды с рабочей поверхностью, используемой для пеленания, осмотра, процедур. Над тумбочкой обычно располагается настенный ОП (рис. 14. 6, поз. *3*), световой поток которого направлен вниз, на рабочую поверхность. Мощность ИС (обычно это ЛН) — до 60 Вт. Желателен встроенный светорегулятор, что позволяет использовать ОП для ночного освещения. Удобно, если применяется ОП с изменяемой ориентацией оптической системы.

Главным в этой комнате следует считать ОП общего освещения, устанавливаемый на месте сетевого вывода, расположенного посередине потолка (рис 14. 6, поз. *5*). Светильник управляется выключателем, установленным непосредственно у входа. При выборе ОП

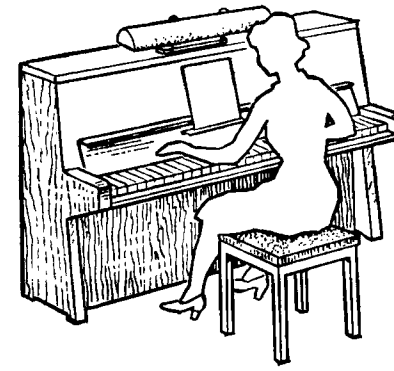


Рис. 14.10. Пример освещения у пианино (суммарная мощность ламп накаливания 80—120 Вт, люминесцентных ламп — 30—40 Вт).

необходимо учитывать, что он располагается над кроватью и поэтому в поле зрения человека, лежащего на ней, не должны попадать не только открытые ИС, но и яркие светящие части ОП (желательно использовать ОП преимущественно отраженного или рассеянного света). Освещение спальной комнаты должно способствовать возникновению ощущения равновесия и покоя, создавать условия для отдыха.

Прикроватное освещение (рис. 14.12) должно быть выполнено таким образом, чтобы светом мог пользоваться один человек. Световой поток должен быть направлен на рабочую поверхность (газету, книгу и т. п.), размер которой 400 мм. Пример рационального и удобного прикроватного ОП, предназначенного для установки в изголовье кровати, показан на рис. 14.6, поз. *4*. Его основание, прикрепляемое к стене на высоте 1,2—1,3 м от пола, выполнено в виде горизонтальной направляющей, по которой перемещаются установленные на кронштейнах или гибких шлангах две (или одна для односпальной кровати) системы. Последние должны иметь зеркальные отражатели, а лучше — зеркальные ЛН мощностью 40 Вт. Световой поток можно легко направить в требуемое место посредством горизонтального перемещения и соответствующего наклона системы. На направляющей справа и слева устанавливаются выключатели для раздельного управления каждой лампой. Имеются и другие решения освещения. У изголовья кровати, справа и слева либо вдоль него, обычно устанавливаются прикроватные тумбочки. Их рабочая поверхность может служить для установки прикроватных ОП настольного типа. Наконец, можно иметь

два настенных ОП, укрепленных справа и слева от изголовья кровати, что менее удобно, но допустимо. Когда в кровати не читают, для прикроватного освещения могут использоваться обычные ночники, предназначенные для создания уровня освещенности, обеспечивающего ориентировку в помещении. Читать при ночниках нельзя.

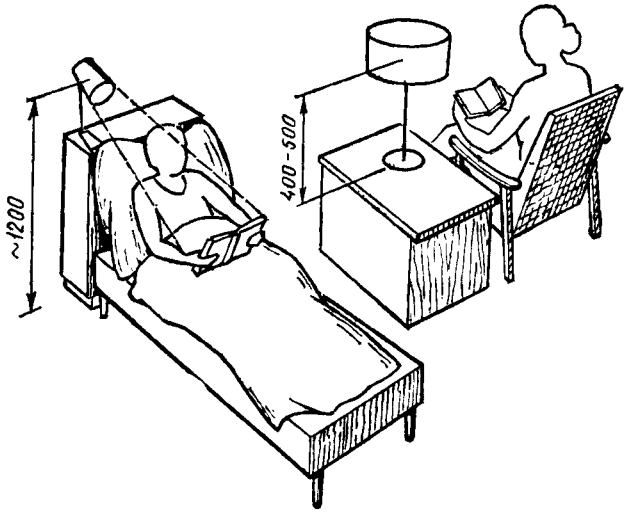


Рис. 14.11. Пример освещения зоны индивидуального отдыха (суммарная мощность источников света 120 Вт).

Рис. 14.12. Пример прикроватного освещения (мощность источника света 60 Вт).

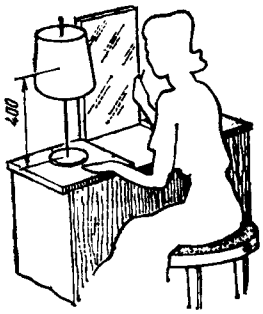


Рис. 14.13. Пример освещения зоны туалета и косметики (мощность источника света до 100 Вт).

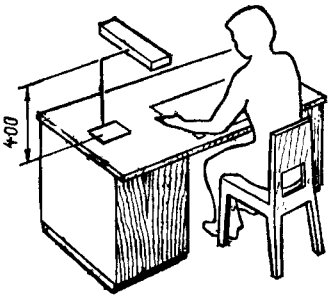


Рис. 14.14. Пример освещения рабочего места (суммарная мощность люминесцентных ламп до 40 Вт).

Освещение зоны туалета и косметики наиболее удобно осуществлять с помощью ОП, как это показано на рис. 14.6, поз. *4*, или настольного ОП (рис. 14.13). Главное — должно хорошо освещаться лицо сидящего перед зеркалом человека, а ОП должны располагаться так, чтобы они не отражались в зеркале.

Требования к ОП общего освещения жилой комнаты ужесточаются в том случае, если она выполняет функцию детской. Световой поток, направляемый им в нижнюю полусферу, должен быть небольшим, так как дети часто играют на полу и потолок при этом попадает в поле их зрения. Кроме того, рекомендуется применять ОП, изготовленные из небьющихся материалов.

Освещение рабочего места (рис. 14.14) требует особого внимания, так как на нем в течение длительного времени могут совершаться зрительные работы достаточно высокой точности. Следует иметь в виду, что приведенные в табл. 14.1 уровни освещенности исходят из условий нормального зрения, однако определенный процент лиц, среди них дети и взрослые, страдают его некоторой потерей. В этих случаях требуется индивидуальный подход к освещению рабочего места, иногда значительное повышение уровня освещенности (в 1,5—2 раза).

Одним из возможных вариантов является применение ОП, аналогичного изображенному на рис. 14.6, поз. *6*. Его система с ЛН мощностью 60 Вт подвижна и может при необходимости располагаться над любой точкой рабочей поверхности, освещая объект различения наивыгоднейшим образом. Весьма целесообразно использовать для освещения рабочего места ОП с ЛЛ (рис. 14.14 и П. 6, *а*). Это один из способов, при котором наиболее удачно используются достоинства ЛЛ: существенно повышается освещенность, увеличивается равномерность яркости рабочей поверхности, исключается отраженная блескость, снижается тепловое излучение.

При освещении рабочего места должны соблюдаться требования, приведенные в табл. 14.1 — 14.6, а также выполняться следующие рекомендации: ОП должен располагаться так, чтобы свет, отраженный от поверхности (например, глянцевой бумаги, положенной на стол), не попадал в глаза работающего; расположение ОП, объектов различения и человека за столом должно соответствовать рис. 14.14; работать следует при включенном общем освещении, обеспечивающем достаточную яркость поверхностей интерьера, попадающих в поле зрения; поверхности интерьера должны иметь достаточно высокий коэффициент отражения (в том числе занавески или драпировки, находящиеся перед лицом работающего); резкие тени от человека не должны попадать на рабочую поверхность; поверхность стола должна быть матовой, ее коэффициент отражения должен быть не менее 0,3; в случае, если не удается полностью избежать вуалирующего отражения, снижение контраста между объектом и фоном можно компенсировать увеличением освещенности.

Указанные рекомендации распространяются и на устройство освещения рабочего стола с помощью подвесного ОП в случае, когда он выполняет функции комбинированного ОП в зональной системе освещения. При этом не следует забывать об обеспечении мобильности светящих элементов ОП в пространстве зоны.

Кухня-столовая — многофункциональное и хозяйственное помещение, отличающееся от собственно кухни тем, что в ее составе находится обеденная зона. К ОП предъявляется то же специфическое требование, что и к отделочным материалам, — они должны легко мыться.

В составе кухни может быть три зоны: зона хранения, обработки и приготовления пищи, обеденная зона и швейно-гладильный блок, который устанавливается при наличии места и желании хозяев.

Роль основного ОП в помещении играет ОП, обеспечивающий освещение обеденного стола и всего помещения. Это может быть потолочный ОП общего освещения как с ЛН, так и с ЛЛ, смонтированный на потолке, над обеденным столом, или подвесной ОП, опущенный над столом на расстоянии, обеспечивающем возможность свободного общения людей, сидящих напротив друг друга (рис. 14.15). Рекомендуется применять ОП простой формы, с легкосъемными моющимися рассеивателями и отражателями. Не менее трети его светового потока должно излучаться в верхнюю полусферу, лучше, если нижнее выходное отверстие ОП

перекрыто вставкой из белого светотехнического материала. Дополнительным удобством может стать регулируемая высота подвеса. Светильник должен иметь одну ЛН мощностью 100—150 Вт или ЛЛ суммарной мощностью 60 Вт. Световой климат кухни значительно улучшится, если в основном ОП будут использоваться лампы в неодимовых колбах. Все цвета при них становятся более свежими и сочными.

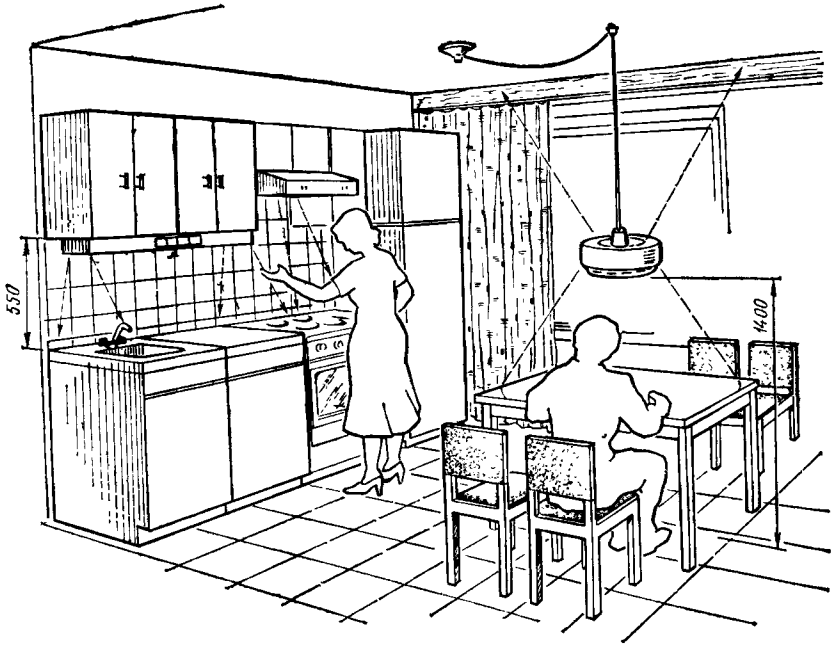


Рис. 14.15. Пример освещения кухни-столовой (мощность люминесцентных ламп в светильниках зоны приготовления пищи до 30 Вт).

В общей комнате на рис. 14.6 (поз. *16*) схематически показано освещение драпировок протяженными ОП с ЛЛ. Это не единственный способ освещения драпи-

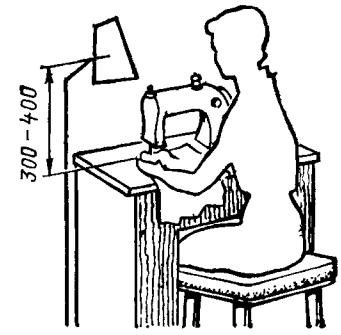


Рис. 14.16. Пример освещения при шитье на швейной машинке (мощность источника света 60—100 Вт).

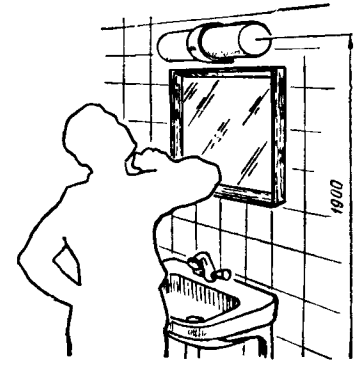


Рис. 14.17. Пример освещения у зеркала над умывальником (суммарная мощность источников света 120 Вт).

Рабочие поверхности оборудования зоны приготовления пищи освещаются специальными ОП с ЛЛ (рис. 14.6, поз. *13*), длина которых (400, 600, 800 мм) соответствует длине полок навесных шкафов, под которыми эти ОП прикрепляются. На панели ОП установлены выключатель, розетка 6 А с крышкой (для включения маломощных вспомогательных кухонных приборов), часы, таймер со звуковым сигналом (для контроля времени приготовления блюд).

Обеденный стол в кухне часто используется для глажения, кройки и шитья на швейной машинке. Указанные выше способы освещения стола обеспечивают и эти виды деятельности. Особенно хороши для этой цели подвесные ОП (рис. 14.6, поз. *14* и рис. П. 16, *в*). Если шитье на машинке производится в другом месте за специально оборудованной тумбочкой, то следует использовать схему, приведенную на рис. 14.16.

Освещение ванной комнаты обычно осуществляется ОП, установленными над зеркалом. Это может быть как одноламповый, так и двухламповый ОП. В первом случае желательно применять ЛН мощностью 60 Вт, во втором — две ЛН по 40 Вт. Целесообразно использовать также и ОП с ЛЛ. Светильник должен освещать лицо и руки (рис. 14. 6, поз. *3* и 14.17) и все помещение ванной комнаты, поэтому, желательно, чтобы ее стены, пол и потолок были отделаны материалами светлых тонов с коэффициентом отражения не менее 0,3.

В уборной возможно применять лампы-светильники в молочной или опаловой фигурной колбах.

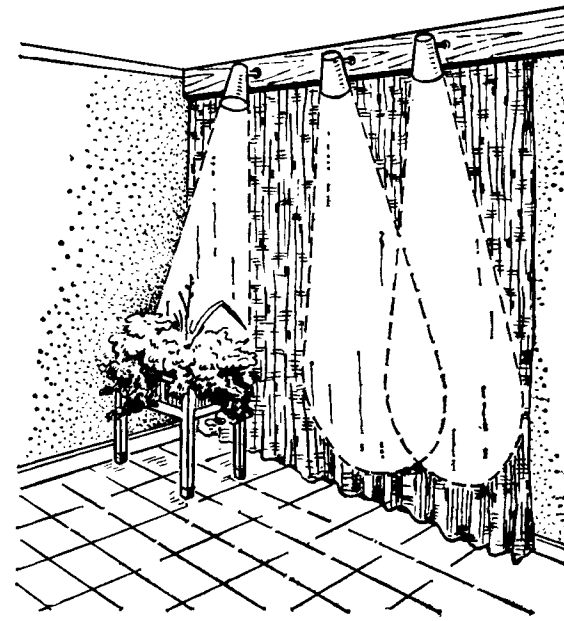


Рис. 14.18. Пример освещения драпировок и зелени (мощность источников света в каждом светильнике 40—60 Вт).

ровок. Могут использоваться также ОП с ЛН (рис. 14.18) или зеркальные лампы-светильники мощностью 40—60 Вт. Они могут использоваться для подсвета цветов зелени, картин и др.

Кроме упомянутых имеется группа так называемых «декоративных» ОП. К ним принадлежат практически изделия сувенирного типа, которые не могут использоваться для функционального освещения.

14.6. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Для всех вновь строящихся жилых зданий применяется система 380/220 В при глухом заземлении нейтрали питающих трансформаторов (существующие сети другого напряжения предполагается в ближайшее время перевести на эту систему).

Принципы построения схем питающих сетей, наивыгоднейшее количество вводно-распределительных устройств и расчетная нагрузка на вводах жилых домов зависят от различных факторов, основными из которых являются требования к надежности электроснабжения (в соответствии с классификацией жилых зданий по степени надежности); конструктивные и планировочные особенности здания; удельная расчетная нагрузка потребителей электроэнергии квартир посемейного заселения, зависящая от характеристики и количества квартир, присоединенных к линии. Подробно эти вопросы изложены в [17, 14.10] и «Инструкции по проектированию электрооборудования жилых зданий» (СН 544-82).

Групповая квартирная сеть является заключительным звеном электрической сети жилого дома. На основе изучения вероятного набора электроприборов, зависимости нагрузок от их числа и мощности определены средние максимумы нагрузок на квартиру [14.10] и с учетом удобства эксплуатации — количество групповых линий на квартиру (табл. 14.7).

Групповые электрические сети в квартирах выполняются, как правило, в железобетонных панелях стен и перекрытий, в каналах, образуемых при изготовлении панелей и плит (допускается закладка пластмассовых труб); в кирпичных стенах — непосредственно под слоем штукатурки; в гипсолитовых и шлакобетонных перегородках — в каналах или бороздах, образуемых при изготовлении перегородок, с закладкой проводов в толщу перегородок (замоноличивание) при их изготовлении ли в трубах и бороздах непосредственно на строительной площадке. Сеть питания розеток может прокладываться в специальных электротехнических плинтусах из трудносгораемой пластмассы. В зданиях из деревянных и других сгораемых конструкций рекомендуется выполнять проводку с прокладкой незащищенных проводов на роликах или клицах, а также скрытую прокладку незащищенных проводов с применением подкладок из несгораемых материалов с последующим оштукатуриванием.

Групповые линии выполняются, как правило, разомкнутыми алюминиевыми проводами сечением 2,5 мм². Однако появление бытовых приборов повышенной мощности оправдывает применение замкнутой штепсельной группы с одним аппаратом защиты. Такая схема при незначительном увеличении расхода цветного металла обеспечивает достаточную пропускную способность и нормируемые значения напряжения на выводах электроприемников. По нормам в жилой комнате должно быть установлено не менее одной розетки на каждые полные и неполные 6 м²; в коридорах — не менее одной розетки на каждые полные и неполные 10 м² (без учета розетки в ванной комнате, подключаемой через разделительный трансформатор, и розетки, устанавливаемой в блоке наружной стенки санитарной кабины).

Таблица 14.7. **Групповые линии в квартирах**

Здание	Назначение групповых линий	Расчетный ток, А
Жилой дом с плитами на газообразном и твердом топливе	Питание ламп общего освещения	16
	Питание сети розеток	16 (25)*
	Питание электрических бытовых машин и приборов мощностью до 4 кВт	25
Жилой дом с электрическими плитами	Питание ламп общего освещения	16
	Питание сети розеток	16 (25*)
	Питание электрических плит и бытовых машин и приборов мощностью до 4 кВт	25/40**
Жилой дом садоводческого товарищества	Питание ламп общего освещения и розеток	16
	Питание электрической плиты	25

* Расчетный ток групповых линий, к которым присоединяется бытовой кондиционер мощностью до 1,3 кВт.

** В числителе — расчетный ток групповой линии при плите мощностью 5,8 кВт, в знаменателе — при 8 кВт.

В общей жилой комнате квартир, оборудованных бытовыми кондиционерами, устанавливается дополнительно одна розетка с заземляющим контактом на ток 10 А. В кухнях квартир предусматривается установка 3—4 розеток (в зависимости от площади кухни) на ток 6 А для подключения бытовых приборов мощностью до 1,3 кВт и ОП; 1 розетка с заземляющим контактом на ток 10 А для подключения приборов мощностью до 2,2 кВт и 1 розетка с заземляющим контактом на ток 25 А для подключения плиты мощностью до 5,8 кВт или бытового прибора мощностью до 4 кВт; при установке плиты мощностью 8 кВт предусматривается еще одна розетка с заземляющим контактом на ток 40 А.

Подключение к сети настенных ОП, а также ОП экспозиционного освещения осуществляется через штепсельные розетки, управление — либо встроенными в светильники выключателями, либо проходными, смонтированными на присоединительных шнурах. Последние для безопасности должны иметь опрессованные вилки.

При выполнении электрической части ОУ большое внимание уделяется управлению ОП. Предусматриваются возможности включения и отключения части ИС в многоламповых ОП или регулирования светового потока отдельных ОП или групп. В комнатах 12 м² и более к ОП общего освещения (в центре комнаты) прокладывается три провода и устанавливается переключатель или сдвоенный выключатель. Дополнительно рядом с выключателем (или вместо него) может быть смонтирован светорегулятор. С целью безопасности обслуживания корпуса ОП в ванных комнатах и уборных должны быть из изолирующего материала; ОП из металла, подвешиваемые на крюки, должны иметь приспособления для подвеса с изолирующей скобой (крюк в потолке должен быть также изолирован). Осветительные приборы и переносные приборы мощностью до 1,3 кВт, применяемые в квартирах, заземлению (занулению) не подлежат. Не должны также заземляться бытовые электроприборы, используемые в ванной комнате, имеющие двойную изоляцию (класс защиты II).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

14.1. **Звездина Т. И., Блашкевич Р. Н.** Рекомендации по функциональному совершенствованию планировочной организации и оборудования квартир. — М.: изд. ЦНИИЭП жилища, 1978. — 95 с.

14.2. Бурский В. Б., Иванова Н. С. Перспективы освещения современных жилых домов. — Светотехника, 1970, № 1, с. 3—7.
14.3. Современные тенденции проектирования бытовых светильников/В. С. Андрюхин, Г. Г. Котик, В. В. Перейма, Г. Н. Ундасынов. — Электротехническая промышленность. Бытовая электротехника. 1975, вып. 2(27), с. 10—12.
14.4. Световая среда/Н. М. Гусев, Н. М. Данцнг, Н. С. Иванова, С. Г. Юров. — Светотехника, 1973. № 8, с. 1—4.
14.5. Лисицнан М. В., Новикова Е. Б., Петуннна З. В. Интерьер общественных зданий. — М.: Стройиздат, 1973. — 240 с.
14.6. Маркизова Г. Б. О люминесцентном освещении квартир. — Светотехника, 1972, № 2, с. 12—14.
14.7. Кулаков Н. А. Люминесцентные лампы за рубежом (обзор). — Светотехника, 1975, № 6, с. 22—28.
14.8. См. [5.4].
14.9. Лампи Э. Освещение жилых помещений. — Светотехника, 1972. № 1, с. 26—28.
14.10. Электрические сети жилых зданий/Г. В. Мирер, И. К. Тульчин, Г. С. Гринберг, В. М. Смирнов. — М.: Энергия, 1974. — 264 с.

Раздел пятнадцатый

АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Помимо решения функциональной задачи, целью которой является обеспечение возможности выполнения зрительных работ, искусственное освещение преследует и эстетические цели. Свет — активное средство художественной выразительности. С его помощью можно выявить архитектуру, подчеркнуть ее детали, организовать пространство, создать определенный художественный образ, воздействовать на эмоции человека.

Архитектурным называется такое освещение, при котором эстетическое воздействие играет значительную, часто ведущую роль. Практически — это освещение помещений, предназначенных для публики, зрительная задача которой в основном заключается в обзоре окружающего пространства (освещение интерьеров), а также освещение фасадов архитектурных сооружений, памятников и др. (наружное архитектурное освещение). Термин «архитектурное освещение» условен, поскольку умелое сочетание утилитарного (инженерного) и эстетического начала — основная задача освещения любого помещения и участка территории.

15.1. ОСВЕЩЕНИЕ ИНТЕРЬЕРА

Эстетическое восприятие интерьера в значительной мере определяется распределением яркости и цвета по ограждающим поверхностям и элементам внутренней отделки помещения. Создание распределения яркости, в полной мере выявляющего замысел архитектора или дизайнера, — сложная творческая задача, решаемая совместно архитектором и светотехником.

Распределение яркости в помещениях. Конкретные рекомендации по соотношению яркости вряд ли могут быть сформулированы. Можно лишь отметить, что приемлемым окажется любое соотношение, выполняющее поставленную художественную задачу, если при этом будут выдержаны нормируемые значения количественных и качественных светотехнических характеристик. Контраст между яркими частями ОП и поверхностями может быть значительным, причем ОУ остается вполне комфортной. Примером служат помещения со светлыми полами, освещение которых выполняется встроенными ОП с зеркальными ИС. В помещении (рис. П. 17, *а*), где по единодушному мнению созданы комфортные условия, соотношение яркостей видимых ярких частей (кольцевых рассеивателей) встраиваемых ОП с ЛН мощностью 300 Вт и потолка из плитки «травертон» превышает 300:1. Зрительно обособленными кажутся элементы, имеющие яркостный контраст порядка 20—40 [15.1].

Исключительное значение для восприятия интерьера имеет впечатление насыщенности помещения светом. В зависимости от насыщенности, определяемой по цилиндрической освещенности, резко изменяется впечатление от интерьера — от торжественного и праздничного до унылого и мрачного.

Цвет во многом определяет эстетическое качество интерьера, способствуя созданию в помещении определенного психологического климата. Выбор сочетания цвета отделки интерьера, обивки мебели является и чисто художественной задачей. Известно активное влияние цвета на состояние человека, на его настроение. Цвет может возбуждать нервную систему и успокаивать ее, создавать ощущение изменения температуры, искажать зрительно расстояния от поверхностей, иллюзорно приближая или удаляя их от наблюдателя.

Работая с цветом, архитектор должен представлять, что восприятие цвета в освещенном интерьере изменяется в зависимости от спектрального состава излучения ИС. В табл. 15.1, составленной по данным ВНИИТЭ, приведены особенности восприятия интерьера и цветопередачи окрашенных поверхностей при освещении различными ИС.

Выявление архитектурной формы. Восприятие формы предмета, отдельной его детали зависит от распределения яркости по его поверхности, от светотеневого рисуика, образующегося при освещении. При рассеянном диффузном освещении тени смягчены, сглажены, яркостный коитраст между деталями невелик. Направленный свет делает тени резкими, их очертания — четкими. Глубина тени повышается, яркостный контраст между освещенными и затененными частями возрастает. В зависимости от материала и характера отделки освещаемой поверхности на ней могут появляться блики. Предмет приобретает форму. В зависимости от направления падения света форма предмета может восприниматься естественной или искаженной. На рис. П. 18 показано, как зрительно изменяется форма предмета при измеиении направления освещения [15.3]. При рассеянном освещении фигуры теряют объемность, воспринимаются плоскими (рис. П.18, *д*). Форма фигур, освещеных сбоку, искажена (рис. П.18, *г*). Наиболее благоприятными формообразующими качествами обладает сочетание рассеянного освещения с иаправленным. Пространственные детали приобретают естественную, хорошо и мягко очерченную форму при освещении сверху слева примерно под углом 45° (рис. П.18, *в*).

При неравномерном освещении поверхности ее отдельные участки кажутся лежащими в разных плоскостях. Например, плоская поверхность, яркость которой ритмично изменяется, образуя чередующиеся темные и светлые полосы, кажется искривленной, волнистой. Если края плоскости затемнены, а середина ярко освещена, то плоскость представляется выпуклой, а при более освещенных краях — вогнутой. Такие зрительные иллюзии часто используются в практике освещения. Фактура поверхностей хорошо выявляется как бы сколь-

Таблица 15.1. Особенности восприятия интерьера и цветопередача окрашенных поверхностей при освещении источниками света различного спектрального состава [15.9]

Характеристика	Люминесцентные лампы типа			Лампы накаливания
	ЛБ	ЛХВ	ЛТВЦ	
Цветность светового потока на нейтральной поверхности	Белый, слегка желтовато-розовый	Голубовато-белый	Желтовато-розовый	Желтовато-белый
Общее впечатление в интерьере — «атмосфера»	Нейтральная, слегка теплая	Нейтральная, слегка холодная	Слишком теплая	Теплая
Особенности цветопередачи:				
подчеркивание цвета	Все в равной степени	Почти все в равной степени	Почти все, особенно красный, телесный, зеленый	Красный, оранжевый, желтый
приобретение серого оттенка	Голубой, желтый	Коричневый, светло-желтый, темно-зеленый и голубой	—	Голубой
цвет лица	Бледно-желтый	Слегка розовый, весьма естественный	Слегка желтоватый, загорелый, естественный	Румяный

зящим по ним светом, падающим под небольшими углами. На рис. П. 19, *а* показан пример освещения помещения, потолок которого выполнен из рифленых алюминиевых панелей. Просматриваются нивелировка рельефа в середине потолка и его выявление по краям. Надо однако иметь в виду, что освещение скользящим светом выявляет строительные дефекты поверхности.

Выявление пространства. Характер распределения яркости в освещаемом помещении является одним из решающих факторов восприятия архитектуры. Достаточно равномерное распределение яркости по ограждающим поверхностям помещения при высоких значениях освещенности хорошо выявляет объем помещения. Если необходимо подчеркнуть планировку помещения, выявить его композиционные или функциональные зоны, то отдельные части помещения соответственно выделяемым зонам освещают с разной интенсивностью или используют для этого разные приемы освещения. Роль освещения для организации членения, дробления объемов может быть проиллюстрирована на примере интерьеров нового здания МХАТ. На рис. П. 17, *б* показано невысокое помещение вестибюля и гардероба с четким зонированием: основной вестибюль, подходы к гардеробу, вешалки. Зонирование подчеркнуто освещением. Лента скрыто установленных вдоль остекленной стены главного фасада ОП определяет границу помещения. По потолку вестибюля размещены группы светящих элементов, состоящих из разного числа ОП квадратной формы с ЛН и молочными рассеивателями. Часть ОП заглублена в ниши потолка, а часть смонтирована в выступающие из потолка тубусы. Потолок, понижаясь в сторону гардероба, образует две щели, использованные как световые карнизы с ЛЛ. Первый карниз — зона подхода к гардеробу, второй — зона вешалок, над которой дополнительно установлены встраиваемые ОП с ЛН. На рис. П.19, *б* приведен фрагмент фойе-музея театра. Уголок для отдыха выделен световой нишей с декоративными сталагмитами.

С помощью зрительных иллюзий, порожденных определенным характером изменения яркости, может быть получено впечатление изменения объема помещения. Зрительное увеличение объема достигается ярко и равномерно освещенными ограждающими поверхностями, имеющими высокие коэффициенты отражения. Впечатление уменьшенного объема возникает при невысокой яркости потолка, стен и пола. Зрительное удлинение помещения достигается размещением на потолке светящих полос, ориентированных в сторону желаемого удлинения. Тот же эффект может быть получен при увеличении яркости торцевых стен. Эффект увеличения высоты возникает при усилении яркости потолка и верхней части стены. Аналогичное впечатление производит темный потолок со встроенными точечными ОП. Возможно, что в этом случае возникает психологическая ассоциация с «бездонным» звездным небом. Вообще с помощью высоких яркостных контрастов (40 и выше) между плоскостью и фоном, на котором она рассматривается, можно создать иллюзию отодвинутой, удаленной плоскости, а при обратном контрасте получить впечатление приближенной плоскости. Кроме того, как отмечается в [15], приближенными кажутся предметы, у которых хорошо различаются детали и четко выявлена фактура. Если же детали неразличимы, то предметы представляются удаленными. Видимо, причиной такого эффекта служит ассоциативная зрительная память привычных условий, с которыми мы сталкиваемся при естественном освещении.

В интерьере должно обеспечиваться соответствие архитектурного и светового ритмов. Архитектурный ритм определяется оконными проемами, простенками между ними, колоннами, элементами декоративной отделки и т. п. Места установки ОП или их групп должны подчеркивать этот ритм, располагаясь, например, против осей окон, простенков, между колоннами.

Светом может быть выявлена тектоническая схема помещения. Под тектоникой архитекторы понимают [15] художественное выражение закономерностей строений, присущих конструктивной системе здания, ее объективных физических свойств, соотношение несущих и несомых частей и т. д. Освещение, соответствующее тектонике, создает в помещении такое распределение яркости, при котором несущие элементы (колонны, балки) освещаются слабее, а несомые (плиты перекрытия) — сильнее, ярче. Темные поверхности создают впечатления тяжелых, прочных, светлые — легких, воздушных. Поэтому более привычным является спад яркости на строительных элементах сверху вниз. Выделенные светом колонны и балки кажутся неестественными. Тектоническая схема может быть сознательно нарушена светом, искажена, что в ряде случаев создает интересный эффект. Так, чтобы зрительно облегчить массивные колонны, сделать их более стройными, их облицовывают светлым материалом и специально высвечивают (см. рис. П. 17, *в*). Яркое освещение стыка между колонной и потолком как бы отрывает потолок от несущих его колонн, дематериализует их верхнюю часть. Колонны кажутся при этом обособленными, декоративными [15.1]. Массивная колонна, показанная на рис. П. 19, *в* превращена в устройство отраженного света.

Свет в архитектуре может быть использован как способ указания направления движения. Для этого по направлению главного потока движения публики в помещении или смежных помещениях создают повышение яркости ограждающих поверхностей и дета-

лей. В помещении, указанном на рис. П. 17, *б* ОУ образует на потолке три световые полосы нарастающей яркости и как бы ведет зрителя от входа к гардеробу.

Совместная работа архитектора и светотехника. Общие закономерности, на основе которых можно было бы предложить расчетные методы создания желаемых архитектурно-художественных решений, неизвестны. Архитектор создает в собственном воображении образ помещения и с помощью доступных ему средств старается реализовать свой замысел в проекте. Значительную помощь в этом ему может и должен оказать светотехник. Организация совместной работы архитектора и светотехника над проектом, предполагающая получение эффективного результата, является проблемой, полного решения которой еще не найдено. Наибольшую сложность представляет вопрос о форме постановки задачи перед светотехником, о выборе общего языка, одинаково понятного архитектору и инженеру. Дело, конечно, не в выработке какой-то терминологии, а в поиске способов выдачи светотехнику в качестве задания желаемого распределения яркости (светлоты) в помещении.

Светлотная композиция интерьера может быть дана как плоское перспективное изображение помещения в виде эскиза, отмывки, выполненной на ватмане гуашью. Однако в этом случае интервал яркости изображения объекта значительно меньше реально существующего в натуре. Яркость модели может быть увеличена при использовании люминесцирующих красок, но распределение яркости в этом случае соблюдается приближенно. Оба способа обладают статичностью, технической сложностью перехода от одного варианта к другому, невозможностью быстрого и плавного изменения яркости и цветности отдельных элементов изображения. Наиболее перспективным представляется способ выдачи заданий на плоской модели помещения, яркость и цвет поверхностей которой могли бы произвольно и плавно изменяться. Такие модели, называемые макетами, должны обеспечивать зрительное впечатление, тождественное восприятию помещения в натуре. Для достижения этой цели геометрические размеры макета и яркости его поверхностей должны быть соответствующим образом изменены по сравнению с натурой. Разработаны теоретические основы построения таких макетов [15.4—15.6].

Для практического использования рекомендуется метод полипроекции, разработанный ЦНИИЭП инженерного оборудования, дающий плоское перспективное изображение интерьера с помощью нескольких проекционных аппаратов с регулируемой яркостью проекции. На рис. 15.1 показана принципиальная схема такой установки. Установка состоит из блока диапроекторов (рекомендуется использовать 12 штук), просветного экрана из светорассеивающей пленки и системы управления, с пульта которой осуществляется плавное изменение светового потока ИС каждого диапроектора (используются тиристорные регуляторы мощности типа ЭРМ-100). Фотографическое изображение интерьера, выполненное с эскиза или натуры, расчленяется на отдельные фрагменты по числу проекторов (например, пол, потолок, стены, мебель, отдельные осветительные устройства и т. п.). Для каждого фрагмента изготавливаются диапозитивы и маски из алюминиевой фольги с вырезом по контуру фрагмента. Диапозитивы с наложенной на них маской устанавливаются в диапроекторы. Полное изображение интерьера на экране создается путем стыковки фрагментов от отдельных проекторов. Экран рассматривается через оптическое устройство, обеспечивающее тождественность геометрии макета с натурой, наблюдаемой из определенной точки пространства. С помощью светофильтров, устанавливаемых в рамки диапроекторов, цвет каждого фрагмента может быть изменен. Архитектор совместно со светотехником, изменяя с пульта напряжение на ИС каждого проектора и, устанавливая светофильтры, подбирает желаемую свето-цветовую картину интерьера на экране. Светотехник фиксирует яркости отдельных фрагментов, переводит их по имеющейся методике в фотометрические параметры, которые должны быть в натуре, с тем чтобы восприятие интерьера стало тождественным зрительному впечатлению, полученному на макете, и таким образом находит исходное для проектирования задание. Если при работе с макетом заранее не были определены конкретные осветительные устройства, проводится выбор способа освещения, с

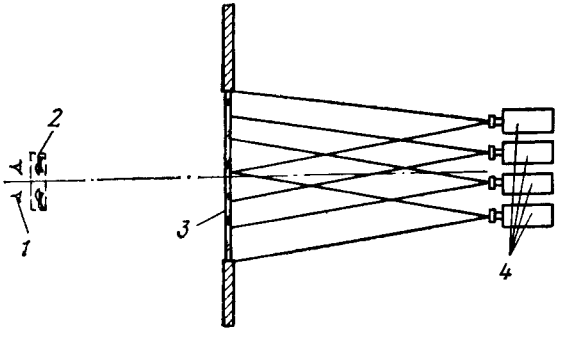


Рис. 15.1. Принципиальная схема диапроекционной установки для плоскостного моделирования освещения.

1 — наблюдатель; *2* — оптическое устройство для наблюдения изображения; *3* — экран из светопропускающей диффузно рассеивающей пленки; *4* — диапроектор.

помощью которого может быть получено выбранное распределение яркости, и выполняется расчет ОУ способом, описанным в [15.7, 15.8].

С помощью макета может быть решена и обратная задача. Для конкретной ОУ светотехником может быть рассчитано распределение яркости, которое демонстрируется архитектору на макете. Однако уменьшенные макеты не всегда позволяют смоделировать распределение яркости в помещении. Так, при необходимости представить себе светотеневой рисунок осветительного устройства потолка сложной конфигурации приходится выполнять макет элемента потолка в натуральную величину.

Наиболее целесообразно подключать светотехника к проектированию на первоначальных стадиях работы над проектом. При этом представляется возможность учесть помещения, необходимые для размещения электроаппаратуры, правильно выбрать высоты помещений и т. п. При совместной работе с архитектором светотехник должен обеспечить заданное распределение яркости (конечно, если это возможно при выбранном способе освещения). Он отвечает за соблюдение нормируемых количественных и качественных параметров ОУ, за экономичность, эксплуатационные качества и электрическую часть ОУ. Степень творческого участия светотехника в проектировании архитектурного освещения, его влияние на решение интерьера во многом зависит от уровня профессиональной подготовки светотехника, авторитета, способности к дизайну.

Приемы и способы освещения. Систематизация приемов архитектурного освещения может быть выполнена в зависимости от основных отличительных признаков: светотехнических особенностей, конструктивного исполнения, создаваемого художественного эффекта [15.21, 15.3, 15.1].

Рассмотрим приемы освещения, широко используемые в современных ОУ: 1) многоламповыми подвесными ОП (люстрами); 2) потолочными, встраиваемыми и подвесными ОП, сгруппированными в композиционные схемы; 3) светящими потолками и панелями.

Освещение люстрами. Современные люстры исключительно многообразны. Это художественные светильники стержневой и кольцевой композиций, повторяющие форму классических образцов; протяженные линейные конструкции с различными световыми элементами; сложные пространственные сооружения и др. В конструкции люстр используются различные материалы: стекло разных видов и формы, сталь, цветные металлы, пластмасса. Вновь большое распространение получили люстры с элементами из прессованного и шлифованного хрустального стекла. Наибольшее применение в люстрах находят ЛН общего назначения мощностью 40—100 Вт и свечеобразные мощностью 25—40 Вт. Реже используются зеркальные ЛН и ЛЛ мощностью 20—30 Вт (прямые и U-образные). Число ИС в люстре изменяется в широких пределах — от нескольких штук до многих сотен.

Принципы освещения люстрами не изменились, а их декоративная роль в современных помещениях, лишенных пышной отделки, пожалуй, даже возросла. Люстры служат архитектурной доминантой помещения, его украшением и вместе с тем являются вполне эффективными ОП. Люстры придают помещению торжественный и праздничный вид и используются, как правило, для освещения парадных помещений.

Обычно светораспределение люстр близко к равномерному, они хорошо освещают все ограждающие поверхности и в помещениях с высокой отражающей способностью потолка, стен и пола обеспечивают большие значения вертикальной освещенности, создают впечатление насыщенности светом.

Для освещения может использоваться одна или несколько люстр. В помещениях квадратной, круглой, овальной формы люстра может занимать центральное положение, и расположение люстр в помещении, их количество должно обеспечивать единство освещения и архитектуры помещения (см. рис. П. 19, *д*, П. 21, *а*, *б*; П. 23, *в*, *г*). Места подвески люстр в потолке иногда оформляются декоративными розетками, нишами (рис. П. 19, *г*). В одном помещении могут подвешиваться люстры с различным количеством ИС. Например, в центре помещения или по его оси могут размещаться крупные люстры, а по его периметру — люстры меньшего размера с меньшим числом ламп.

Электрическая схема люстры должна обеспечивать возможность раздельного включения отдельных групп ИС (например, по ярусам). Если отдельные группы ИС должны получать питание от различных источников (например, лампы рабочего и АО), то провода зарядки люстры, относящиеся к разным источникам, разделяются и следуют по конструкции разными трассами. При необходимости объединения трасс, например при прокладке в штанге, провода одного из источников дополнительно заключаются в изоляционную трубку. При проектировании люстры необходимо обеспечивать удобство ее эксплуатации: легкость замены ламп (желательно без снятия каких-либо ее элементов), простоту доступа к узлам распайки проводов коммутации, возможность очистки элементов люстры от загрязнений.

Обслуживание люстр производится со стремянок (при высоте до 5 м) или передвижных вышек. Значительные эксплуатационные удобства обеспечиваются, если люстра снабжена устройством, позволяющим опускать ее на удобную высоту. В таких случаях к штанге люстры прикрепляется трос, а на техническом этаже устанавливается лебедка (ручная или с электроприводом). При этом присоединение люстры к сети производится гибким кабелем, необходимый запас которого укладывается в бухту (или наматывается на барабан с натяжным устройством). Присоединение люстры может выполняться с помощью контактных зажимов или электрического соединителя. Перед опусканием люстра отсоединяется от сети. Напряжение, требуемое для опробования люстры перед ее подъемом, подается от розетки или контактных зажимов, установленных в освещаемом помещении. Могут быть использованы и другие способы обслуживания. Так, кольцеобразная люстра [15.10] (диаметром 12 и шириной 2 м, содержит 1350 ЛН мощностью 60 Вт) имеет в верхней части хо-

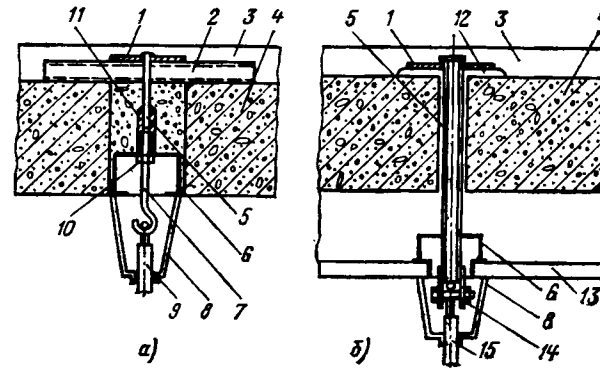


Рис. 15.2. Конструктивные узлы крепления люстр массой свыше 100 кг.

а — в помещении без подвесных потолков; *б* — с подвесными потолками (трубы групповой сети не показаны); *1* — опорная пластина; *2* — щелевая швеллерная конструкция; *3* — подготовка пола; 4 — плита перекрытия; 5 — подвеска; 6 — закладная распаечная коробка; *7* — крюк; *8* — розетка люстры; *9* — штанга с петлей люстры; *10* — гайка; *11* — втулка; *12* — цементная подливка; *13* — подвесной потолок; *14* — болт с гайкой; *15* — штанга с крюком люстры.

довой мостик с ограждением и съемным металлическим настилом. Эксплуатационный персонал попадает на ходовой мостик с технического этажа через люк в подвесном потолке. Для эксплуатации люстры используется также специальная тележка, которая поднимается с пола лебедкой, установленной на техническом этаже. Тележка закрепляется на люстре и может перемещаться по направляющим, расположенным в конструкции люстры, при помощи ручного привода. Конструкция подвески люстр должна выдерживать в течение часа без повреждений и остаточных деформаций приложенную к ней нагрузку, равную пятикратной массе люстры, а если масса люстры превышает 100 кг, то нагрузку, равную двукратной массе люстры плюс 80 кг. На рис. 15.2 показаны возможные узлы крепления люстр.

Освещение светильниками, сгруппированными в композиционные схемы. Наиболее часто используются потолочные ОП с ЛЛ и встраиваемые ОП с ЛЛ и ЛН. Способы размещения их на потолке разнообразны. Светильники могут индивидуально равномерно размещаться в определенном ритме (по углам квадрата, прямоугольника, ромба (рис. П. 17, *а*), группироваться в различные геометрические фигуры (рис. П. 22, *б*). С помощью подобного способа освещения может подчеркиваться форма помещения или могут выделяться отдельные его зоны, например путем размещения встраиваемых или подвесных ОП с ЛН вдоль кривых линий потолков, над стойками баров, прилавками буфетов, столиками ресторанов, местами отдыха и т. п. (рис. П. 22, *а*).

Для создания благоприятного распределения яркости часть светового потока ОП должна быть направлена в верхнюю полусферу.

Поэтому встраиваемые ОП с рассеивателями, выступающими за плоскость потолка, предпочтительнее тех, рассеиватели которых установлены заподлицо с потолком. Однако и в этом случае контраст между светящей поверхностью ОП и потолком все равно остается большим. Для снижения контраста большое значение приобретает светлая отделка потолка, стен и особенно пола. Следует учитывать, что при заполнении помещения людьми роль пола в процессе многократных

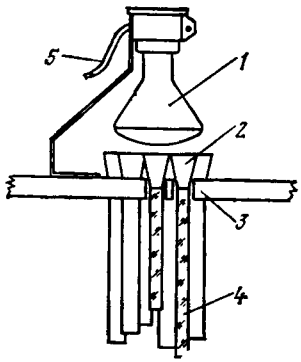


Рис 15.3. Схема осветительных устройств в банкетном зале Дворца культуры «Украина» в Киеве.

1 — зеркальная ЛН; *2* — вводное устройство световода; *3* — подвесной потолок; *4* — стержневой световод; *5* — кабель.

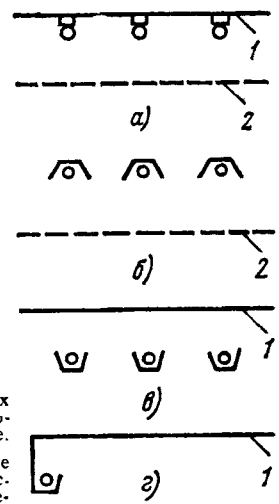


Рис. 15.4. Основные светотехнические схемы светящих потолков.

а, б — рассеивающие светящие потолки; *в, г* — отражающие светящие потолки; *1* — отражающая поверхность; *2* — рассеивающая светопропускающая поверхность.

отражений значительно ослабляется и яркость потолка заметно снижается.

При применении для освещения только одного типа ОП помещение приобретает весьма официальный характер. Вид помещения значительно оживляется при использовании различных ОП: потолочных или встраиваемых с ЛЛ и ЛН, потолочных с ЛЛ и подвесных с ЛН, встраиваемых с ЛН в сочетании с подвесными с ЛН.

Оживление интерьера, внесение в него художественного элемента достигается и при подчеркнуто неравномерном распределении ОП в помещении при сочетании индивидуально расположенных ОП и при их сосредоточенной установке группами (рис. 15.3 и П. 24, *а*).

Достаточно равномерное размещение ОП обеспечивает равномерное распределение освещенности в горизонтальной плоскости. Освещенность в вертикальной плоскости изменяется в широких пределах, составляя при светлых стенах и потолке от 50 % (при ОП с косинусной КСС) до 10—20 % (при ОП с глубокой или концентрированной КСС) уровня горизонтальной освещенности.

*Освещение светящими потолками и панелями** Четкого разграничения между понятиями «светящий потолок» (ПС) и «светящая панель» не существует. Условно можно отнести к ПС светящие поверхности, занимающие всю площадь потолка или его бо́льшую часть (60 % и более). Также условно «светящими полосами» считаются протяженные световые панели, длина которых более чем вдвое превышает высоту их размещения над расчетной плоскостью, а ширина значительно меньше их длины.

Светящие потолки отличаются большим разнообразием. Для их осуществления используются явления отражения и пропускания света. На рис. 15.4 представлены основные светотехнические схемы ПС. Видимая наблюдателю светящая поверхность может быть образована светопропускающим материалом или конструкцией (рассеивателем), или непропускающей свет отражающей поверхностью. Потолки, построенные на первом принципе, называются рассеивающими светящими потолками, а на втором — отражающими светящими потолками. Это определение хотя и нестрого, но весьма удобно для последующего изложения материала.

Светящие потолки могут отличаться не только светотехнической схемой, но фактурой поверхностей, формой (общей и отдельных элементов), цветом, светорассеивающими и светоотражающими материалами, ИС, распределением яркости по светящей поверхности, конструктивным исполнением. Фактура светящей поверхности в рассеивающих ПС зависит от материала рассеивателя — это гладкие поверхности молочного и опалового светотехнического стекла (органического и силикатного), поверхности, составленные из элементов разной формы и рисунка узорчатого, рифленого, литого, призматического стекла, формованных пленок, рулонного пластика, и большое количество решеток разной формы из светопропускающего и непрозрачного материалов. При отражающих ПС фактура отражающих поверхностей также может быть различной—гладкой, шероховатой (например, окрашенной разными способами), тисненой, с выдавленным рисунком, перфорированной и т. п. Форма светящих элементов достаточно разнообразна: плоскости различной конфигурации, пространственные фигуры, криволинейные поверхности. Форма и размеры рассеивателей в известной мере зависят от их материала. Например, плоские элементы из листового органического стекла толщиной 4 мм из условий прочности не рекомендуется выполнять размерами бо́льшими 0,8×1,2 м, а рассеиватели из пленки, вогнутая или выпуклая форма которой придает им жесткость, — бо́льшими 0,6×1,2 м.

Обычно стремятся к равномерному распределению яркости по светящей поверхности, однако вполне возможно ритмичное чередование затемненных и светлых участков, плавные спады яркости в определенных направлениях. Следует избегать лишь случайных градаций яркости, производящих неприятное впечатление. Достижение достаточно равномерного распределения яркости возможно для ПС в тех случаях, когда материал рассеивающих и отражающих поверхностей обладает рассеянием и пропусканием, близким к диффузному. С увеличением направленной составляющей материала равномерность распределения яркости в общем случае ухудшается.

Проведенные эксперименты для ПС с диффузно пропускающим остеклением (схемы на рис. 15.4, *а, б*) показали, что наблюдатели начинают отмечать едва ощутимую неравномерность яркости при отношении наибольшей яркости поверхности к наименьшей $L_{max}/L_{min}=1{,}16$. Заметная неравномерность, при которой, однако, обычному наблюдателю поверхность представляется вполне равномерно светящейся, достигается при $L_{max}/L_{min}=1{,}4$, при $L_{max}/L_{min}=1{,}5$ неравномерность заметна любому наблюдателю. Те же градации впечатления о неравномерности при отражающих ПС

* При изложении материала использованы отчеты о работах Ленинградского проектно-экспериментального отделения ВНИПИ Тяжпромэлектропроект по изучению светящих потолков и панелей, проведенных в 1960—1961 гг.; результаты их изложены в [15.2].

Таблица 15.2. **Рекомендуемое расположение светящих элементов в светящих потолках (осевая сила света светящего элемента направлена перпендикулярно светящей поверхности)**

Светящий элемент	Отношение l/h, обеспечивающее неравномерность распределения яркости L_{max}/L_{min}					
	1,0 (равномерную)	1,16 (едва ощутимую)	1,4 (допустимую)	1,0 (равномерную)	1,7 (едва ощутимую	2,2 (допустимую)
	Светящий потолок с диффузно пропускающим остеклением			Светящий потолок с диффузно отражающей поверхностью		
Зеркальная ЛН глубокого светораспределения	0,7	0,8	0,9	0,7	1,0	1,2
Точечный косинусный ИС	1,0	1,2	1,5	1,0	1,7	1,9
Точечный равномерный ИС (например, открытая лампа накаливания) и линейный косинусный ИС (например, светильник ЛД)	1,2	1,5	1,8	1,2	2,1	2,5
Открытая ЛЛ	1,4	2,0	2,4	1,4	2,9	3,5

(схема рис. 15.4. *в*) проявляются при соотношениях яркости, равных 1,7; 2,2 и 2,6 соответственно. В табл. 15.2 приведены расчетные отношения расстояний между светящимися элементами l к их расстоянию от светящей плоскости h для разных типов светящих элементов.

Допускаемая яркость ПС [15.11], при которой ОУ остается комфортной, зависит от яркости фона (стен) и телесного угла, под которым может наблюдаться ПС, и при изменении $L_ф = 25 \div 100$ кд/м² находится в пределах 340—2100 кд/м². Так, допускаемая яркость ПС в помещении размером 12×6×3 (высота) м при $\rho_с = 0{,}3$ и $\rho_п = 0{,}1$ составляет 750 кд/м², что соответствует освещенности около 1500 лк, значительно превышающей нормируемое значение. В помещении ПС создает высокие уровни вертикальной освещенности (при косинусной КСС) и для больших помещений в зависимости от окраски стен и расположения расчетной точки $E_т/E_в = 1 \div 0{,}5$. С архитектурной точки зрения ПС зрительно увеличивают высоту помещения, создают характер парадности и в зависимости от размеров и размещения в помещении могут использоваться как активный элемент выявления и организации пространства. К недостаткам равномерноярких ПС можно отнести создаваемое ими впечатление некоторой монотонности, однообразия.

Рассеивающие ПС (схема рис. 15.4, *а*) предпочтительны при ровной отражающей поверхности ($\rho \geqslant 0{,}6$). Затраты на сооружение таких ПС невысоки, хорошей равномерности распределения яркости можно добиться при минимальной высоте технической полости. В качестве отражателя желательно использовать окрашенные (побелка или водоэмульсионная краска) железобетонные плиты потолка. Коэффициент полезного действия ПС весьма высок и при использовании светотехнического органического стекла составляет 40—50 %.

Размещение каких-либо инженерных коммуникаций в технической полости крайне нежелательно. Даже строительные балки ухудшают вид потолка. Чтобы избежать этого, необходимо светящие элементы установить по обе стороны балки так, чтобы их световые потоки, падающие на рассеиватель, перекрывали друг друга. Иногда приходится устанавливать ИС под балкой, что приводит к необходимости увеличения высоты технической полости (во избежание пятен повышенной яркости расстояние от ИС, установленных под балкой, до остекления не должно быть менее 200 мм). В качестве рассеивателей в ПС (рис. 15.4, *а*) наиболее часто используются диффузно пропускающие стекла и разнообразные решетки. Если техническая полость используется для прокладки коммуникаций или имеет невысокий коэффициент отражения, используют схему рис. 15.4, *б*. Такая схема обязательна в случае, если ПС является одновременно светопроемом естественного света. Капитальные вложения на сооружение потолка выше, чем по предыдущей схеме, высота технической полости больше.

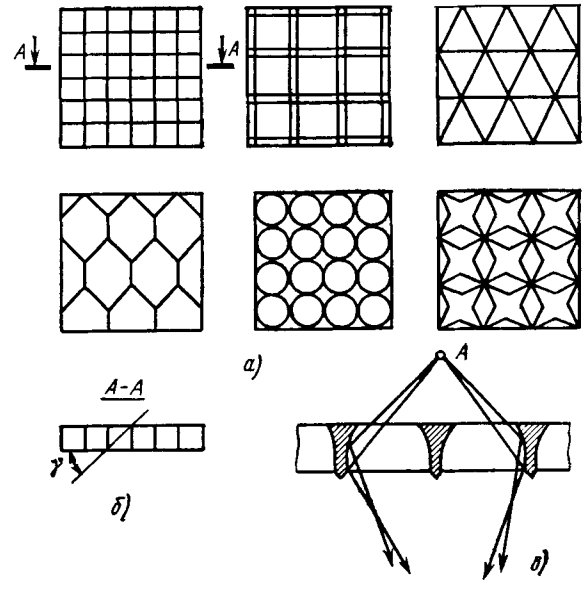


Рис. 15.5. Схемы экранирующих решеток светящих потолков.

а — решетки с ячейками различной формы; *б* — защитный угол решетки; *в* — ход лучей в параболического профиля ячейке зеркалированной решетки.

Наилучший эстетический эффект обеспечивается при перекрытии ПС сплошным рассеивающим материалом. В случае необходимости применения экранирующих решеток (рис. 15.5) следует иметь в виду следующее. Основными характеристиками экранирующих решеток являются светотехнические свойства материала (значения коэффициентов и характер отражения и пропускания) и защитный угол. Защитный угол определяет экранирование частей ОУ, находящихся за решеткой, ограничивает блескость и оказывает влияние на ее экономичность. При нормальном положении линии зрения (близком к горизонтали) решетка представляется в перспективе сплошной светящей поверхностью.

Таблица 15.3. Коэффициенты пропускания и отражения некоторых экранирующих решеток

Наименование	τ	ρ
Решетка с защитным углом 30° из непросвечивающих материалов с коэффициентом отражения ρ=0,6	0,55	0,12
То же с защитным углом 45°	0,38	0,14
Решетка с защитным углом 30° из непросвечивающих материалов с коэффициентом отражения ρ=0,75	0,60	0,17
То же с защитным углом	0,44	0,20
Решетка с защитным углом 30° из опалового органического стекла, τ+ρ=0,85	0,64	0,21
То же с защитным углом 45°	0,50	0,26

При отклонениях линии зрения вверх на угол, превышающий защитный угол решетки, начинают просматриваться ИС и «начинка» технической полости, что неприятно. Стремление сделать незаметными конструктивные элементы потолка — подвески, их узлы крепления и технические коммуникации (трубы, воздуховоды и т. п.), проложенные за экранирующей решеткой, приводит к желанию увеличить защитный угол и (или) окрасить все элементы технической полости в черный цвет (последнее, как правило, не оправдывает себя). Увеличение защитного угла значительно снижает КПД ПС. Для того чтобы добиться более эстетичного внешнего вида ПС с решеткой, иногда приходится создавать схему рис. 15.4, *а*, подшивая технические коммуникации дополнительной плоскостью из светлоокрашенных листов металла, асбошифера и тому подобного материала и выполняя съемные отражающие элементы в местах, необходимых для ревизии технических коммуникаций. Такой способ удорожает ОУ, требует увеличения высоты технической полости и может быть рекомендован лишь в редких случаях.

Если решетка выполнена из непросвечивающего материала, имеющего диффузный характер отражения, то ее равномерная яркость обеспечивается при освещении вертикальных планок решетки прямым светом ИС. Это обеспечивается при выполнении соотношения $l/h \leqslant \operatorname{ctg}\gamma$, где γ — защитный угол решетки. Выравнивание яркости поверхности внутри ячейки происходит за счет многократных отражений.

Если решетка изготовлена из просвечивающих материалов, то значение l/h может быть несколько увеличено. Практикой установлено, что оптимальным является защитный угол около 45°. Светотехническая экономичность решетки, ее КПД определяется суммой коэффициентов τ и ρ материала решетки. Наибольшую сумму имеет светотехническое опаловое органическое стекло.

Экранирующей решетке по аналогии со сплошным материалом могут быть условно приписаны значения коэффициентов пропускания и отражения, значения которых для некоторых решеток приведены в табл. 15.3.

Решетка с равномерным распределением яркости на ее поверхности создает впечатление монотонности, форма ячеек нивелируется. Значительно оживленнее, интереснее смотрится решетка с выявленной формой элементов. Это достигается, если на каждом элементе получается светотеневой рисунок с богатой градацией яркости, но без резких перепадов. Подобным качеством обладают решетки, состоящие из геометрически сложных элементов, разновысоких фигур, из сочетания элементов разной формы, выполненных из непросвечивающего материала с направленно-рассеянным отражением, например из матового бесцветно анодированного алюминия. Такой рассеивающий ПС создает общее впечатление равномерно светящейся поверхности, но вместе с тем приобретает форму, скульптурность. Примерами являются некоторые установки в здании СЭВ. В конференц-зале ПС выполнен по схеме рис. 15.4, *а*, а решетка составлена из объемных разновысоких алюминиевых элементов квадратной и звездообразной форм (рис. П.22, *в*). Решетки светящих полос вестибюля зала (рис. П. 22, *г*) собраны из разновысоких элементов цилиндрической формы с косо срезанными в различных направлениях краями. Решетка кажется воздушной, мерцающей.

Светораспределение ПС определяется индикатрисой яркости материала рассеивателя, КСС светящего элемента и способом их размещения. Для молочного и опалового стекла КСС близка к косинусной, при использовании открытых ламп в рассеивающих ПС с решетками 30×30° сила света $I_\alpha = I_0 \cos^2\alpha$, а при 45×45° $I_\alpha = I_0 \cos^4\alpha$. При использовании зеркальных ламп КСС становится более концентрированной. Концентрацию светового потока обеспечивают и зеркализированные решетки со специально рассчитанным профилем планок. Так, решетки с параболическим профилем (рис. 15.5, *в*) обладают концентрированной КСС даже при освещении открытыми ЛЛ, что способствует резкому снижению яркости решетки под углами, близкими к горизонту. Рассеивающие ПС с такими решетками позволяют использовать ИС большой яркости и получать в помещении высокие уровни освещенности в горизонтальной плоскости без увеличения слепящего действия под определенными углами. При нормальном положении линии зрения такой ПС воспринимается затемненным. Иногда архитекторы, привлеченные эффектным видом решеток, не зная назначения, используют их в ПС и оказываются неудовлетворенными из-за неравномерного распределения яркости.

Цвет решетки весьма активно влияет на цветность излучения рассеивающего ПС. Если решетка выполнена из алюминия в его естественном цвете, то обнаруживается значительное «похолодание» прошедшего через нее света. Так, при использовании ЛЛ типа ЛБ цветность излучения ПС зрительно близка к цветности ЛЛ типа ЛХБ. И, наоборот, цветность излучения ИС с решеткой, окрашеиной в цвет золота или бронзы, «теплеет», цветовая температура излучения снижается.

Светящие потолки могут занимать всю площадь потолка или его часть. В последнем случае возникает вопрос о соотношении яркости ПС $L_{пс}$ и прилегающей к нему части потолка $L_п$. Если рассеиватель расположен заподлицо с потолком и световой поток не падает непосредственно на потолок, то соотношения $L_{пс}/L_п$ для данного помещения определяются коэффициентами отражения его потолка, стен и пола, понижаясь с увеличением отражающих свойств плоскостей и долей общей площади потолка, занимаемой ПС. Как уже отмечалось, отношение $L_{пс}/L_п$ в зависимости от поставленной художественной задачи может изменяться в широких пределах, однако впечатление зрительного комфорта при повышении $L_{пс}/L_п$ снижается. Отсутствие резкого контраста между ПС и потолком, целостность восприятия плафона потолка обеспечиваются при $L_{пс}/L_п < 10 \div 20$. Как показывает расчет [15.2], такие соотношения яркости для СП, занимающих более 50 % площади потолка, достигаются при $\rho_{пот}/\rho_{ст}/\rho_р$ не ниже 0,7/0,5/0,1 (для помещений с индексом не менее 2,5). При необходимости увеличения $L_п$ следует применять ПС с рассеивателями, направляющими часть светового потока на потолок, или дополнительно освещать потолок другими способами, например, устраивая световой карниз по периметру помещения.

Источники света, используемые в ПС, могут быть

любыми, приемлемыми по спектральному составу. Особые преимущества для ПС по схеме рис. 15.4, *а* имеют ЛЛ, поскольку они обладают высокой экономичностью, благоприятной линейной формой, невысокой яркостью, позволяют осуществить равномерное распределение яркости при небольшой глубине технической полости и способствуют созданию благоприятного теплового режима, что особенно важно при использовании рассеивателей с невысокой нагревостойкостью (например, органического стекла). Наиболее целесообразно использовать ЛЛ мощностью 40 Вт, устанавливая по концам линий ЛЛ мощностью 20 Вт, если этого требуют размеры ПС. При соответствующей высоте технической полости могут применяться ЛЛ мощностью 65 и 80 Вт. Нижним пределом мощности ЛН целесообразно считать 60 Вт. Для ПС по схеме рис. 15.4, *б* могут использоваться ЛЛ, ЛН, зеркальные ЛН, а если позволяют размеры технической полости, то ГЛН и МГЛ.

Если ПС является одновременно светопроемом естественного света, целесообразна установка ламп повышенной мощности, снижающих экранирование естественного света (наиболее перспективны МГЛ).

Для схемы рис. 15.4, *а* при применении ЛЛ необходимо в первую очередь использовать блоки с открытыми лампами (серия ЛПО09, отдельные исполнения серии ЛПО30, ЛПО03 и др.), располагая их сплошными параллельными линиями. Установка ЛЛ в линии — рекомендуемый, но не единственный способ размещения. Светильники с ЛЛ могут устанавливаться по четкому рисунку: елочкой, по сторонам квадрата и так далее, но обязательно равномерно. Такие способы обычно используются в ПС, обслуживаемых сверху (с чердака), что продиктовано удобствами доступа к ОП и проводке сети. При применении открытых ЛН используют патроны, установленные непосредственно на перекрытии или в монтажных коробках, размещая их по углам квадрата.

Для схемы рис. 15.4, *б* целесообразно использовать ОП с большим КПД: для ЛЛ — типов ЛПО09 (исполнение 01) и ЛД. Если позволяет высота технической полости, экономично использовать двухламповые ОП. Применяются ОП с ЛН, ГЛН, МГЛ с косинусной и равномерной, реже с глубокой КСС. Если светильники устанавливаются на небольшой высоте над остеклением, на поверхности ПС могут образовываться пятна повышенной яркости. Возможно использование зеркальных ламп (ЛН, МГЛ) глубокого и широкого светораспределения как в ОП, так и отдельно. Во избежание видимого снижения яркости по краям ПС крайние ряды ОП следует устанавливать ближе к краю ПС, а если размеры технической полости в плане превышают размеры ПС, то по контуру ПС рекомендуется устанавливать светлоокрашенные экраны. Линии ОП с ЛЛ продолжаются за край ПС на длину, равную 1/2—1/3 длины ОП.

Светотехнический расчет ПС выполняется методом коэффициента использования [13, 26]. Общий коэффициент использования ОУ рекомендуется определять как произведение КПД ПС на коэффициент использования светового потока, вышедшего из ПС, относительно расчетной поверхности освещаемого помещения.

Одним из вопросов, решаемых при проектировании, является выбор высоты технической полости. Если яркость ПС должна быть равномерной, то высота технической полости $h_т$, м, для заданных типа ОП и мощности ИС может быть рассчитана по формулам: для ОП с ЛЛ

$$h_т = h_к + \frac{\Phi' u}{E K_з \lambda}; \qquad (15.1)$$

для ОП с ЛН, ГЛН, МГЛ

$$h_т = h_к + \sqrt{\frac{\Phi_л u}{E \lambda^2 K_з}}, \qquad (15.2)$$

где $h_к$ — высота от перекрытия до выходного отверстия ОП, м, для светильников-блоков с ЛЛ, установленных на перекрытии, $h_к = 0{,}1$ м; Φ' — снетоной поток ИС на 1 м длины линии, лм; $\Phi_л$ — светоной поток ИС, лм; u — коэффициент использования ОУ; E — нормируемая освещенность, лк; $\lambda = l/h$ (см. табл. 15.2); $K_з$ — коэффициент запаса.

Например, для рассеивающего ПС со светлой технической полостью, перекрытого опаловым органическим стеклом, в случае применения светильников-блоков с открытыми ЛЛ мощностью 40 Вт, если ПС устраняется в большом помещении (индекс помещения — 2,5) с коэффициентами отражения стен и пола 0,3 и 0,1, имеем $h_т = 0{,}1 + 210/E$, что при освещенности 300 лк соответствует $h_т = 0{,}8$ м.

При проектировании рассеивающих ПС необходимо учитывать ряд требований пожарной безопасности. Конструктивные элементы ПС желательно выполнять из несгораемых материалов. Особую пожарную опасность представляют ПС из опалового органического стекла, которое размягчается при 65 °С и хорошо горит. Для исключения этого приннмаются следующие меры. Размещаются ЛЛ над остеклением на высоте не менее 100 мм, а ЛН и другие ИС — 200 мм. Тепловой режим не должен приводить к недопустимому перегреву стекла. Конвективный тепловой поток при реальных удельных нагрузках в ОУ не представляет опасности, однако местный нагрев стекла вполне может возникать при использовании ЛН, ГЛН и МГЛ. Органы пожарного надзора при устройстве ПС большой площади из органического стекла в помещениях со значительным скоплением людей считают целесообразным устройство в технической полости спринклерных систем или членение потолка на отсеки площадью не более 10 м^2, разделенные несгораемыми перегородками. Хороший противопожарный эффект достигается при использовании в качестве рассеивателей окантованных пакетов из силикатного прозрачного стекла и опалового органического стекла, укладываемых так, чтобы силикатное стекло было обращено в сторону технической полости. Экранирующие решетки, выполненные из дерева, должны пропитываться огнезащитными составами. Мероприятия, обеспечивающие пожарную безопасность, в каждом конкретном случае согласовываются с органами пожарного надзора.

Конструкции подвесных потолков, используемых в качестве ПС, и детали для крепления ОП разрабатываются в строительной части проекта на основании задания светотехников. Конструкция в значительной мере определяется способом обслуживания ПС: из освещаемого помещения или из технической полости (технического этажа). При обслуживании из помещения доступ к устройствам ОУ осуществляется съемом элемента рассеивателя. Для этого обычно к перекрытию подвешивается рамная металлическая конструкция из алюминиевых или стальных элементов уголкового или швеллерного профиля, в ячейки которой укладывается рассеиватель. Для доступа к ОП элемент рассеивателя приподнимается и сдвигается в сторону. Для тяжелых элементов рассеивателя, например пакетов из силикатного и органического стекла, выполняются откидные рамки с закреплениями в них рассеивателями. Сплошные металлические решетки достаточной жесткости могут образовываться путем сочленения отдельных элементов, конструкция которых предусматривает соединение «в замок». Светильники

крепятся непосредственно к перекрытию или подвешиваются к нему.

Для обслуживания ПС сверху используются две конструктивные схемы: устройство в технической полости ходовых мостиков и обслуживание с технического этажа (рис. 15.6). В первом из случаев ОП монтируются на откидных кронштейнах, устанавливаемых на ходовых мостиках. Ограждение мостика служит основанием для прокладки сетей и, если это признается целесообразным, — для монтажа групповых щитков.

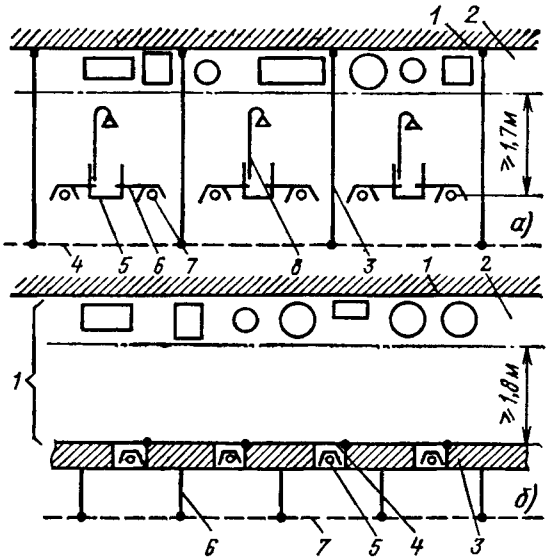


Рис. 15.6. Конструктивные схемы ПС с обслуживанием сверху.

а — из технической полости (*1* — перекрытие; *2* — зона прокладки инженерных коммуникаций; *3* — подвеска рамы ПС; *4* — рама ПС со светорассеивающими элементами; *5* — ходовой мостик; *6* — кронштейн светильника; *7* — ОП; *8* — ОП на стойке для освещения мостиков); *б* — с технического этажа (*1* — технический этаж; *2* — зона прокладки технических коммуникаций; *3* — несущее перекрытие; *4* — проем для ОП, закрывающийся крышкой; *5* — ОП; *6* — подвеска рамы ПС; *7* — рама ПС со светорассеивающими элементами).

Очистка внутренней поверхности рассеивателя ПС также производится с мостиков с помощью пылесосов. Наружная поверхность остекления очищается от загрязнения из освещаемого помещения пылесосами с удлиненными штангами. Для освещения мостиков на них устанавливаются ОП на стойках или на перекрытии технического этажа. На мостиках размещаются и розетки для присоединения пылесосов (220 В) и ремонтного освещения (36 В).

При сплошном остеклении все внутренние поверхности, конструкции и коммуникации окрашиваются в белый цвет, при рассеивающих ПС с экранирующими решетками — в черный.

При устройстве над ПС технического этажа его полом может служить железобетонное несущее перекрытие (тогда к нему подвешиваются конструкции подвесного потолка) или выполняется металлический (сплошной или решетчатый) настил и тогда ПС подвешивается к верхнему перекрытию или балкам технического этажа. В нижнем перекрытии выполняются проемы для установки ОП, перекрываемые съемными или откидными крышками. Для обслуживания ОП извлекаются из проемов (рис. П.22, д). Для облегчения эксплуатации ПРА могут устанавливаться в отдельных коробках на техническом этаже. Поверхность железобетонного нижнего перекрытия технического этажа, обращенная в сторону освещаемого помещения, окрашивается в белый цвет и служит отражателем ПС. Если для обслуживания устраивается металлический настил, то под ним выполняется легкая отражающая поверхность с отверстиями для ОП. Помещение технического этажа оборудуется стационарным освещением и розетками.

К проводкам в технической полости предъявляются те же требования, что и к прокладке сети за подвесными потолками (см. § 13.1). При установке стыкуемых ОП с ЛЛ прокладка групповой сети осуществляется внутри ОП.

Оригинальные решения ПС и световых панелей разнообразной формы могут быть получены с использованием плоских световодов, представляющих собой полость, образованную наклонной зеркальной и горизонтальной светопропускающей поверхностями [15.12]. Световой поток ИС протяженной формы вводится в полость с помощью вводных устройств. Многократные отражения в полости плоского световода позволяют получить равномерное распределение яркости по светящей поверхности.

Все сказанное о ПС в равной степени может быть отнесено и к крупным светящим панелям. Светящие панели могут выполняться из готовых элементов-модулей, специальных стыкуемых светильников, размеры которых кратны строительным элементам подвесного потолка. Такой способ позволяет вести монтаж индустриальным методом, но поскольку каждый модуль содержит определенное количество ламп, число модулей, устанавливаемых в помещении, жестко определено светотехническим расчетом, что ограничивает возможности архитекторов. По этой же причине невозможно набрать из элементов модулей сплошной ПС. На рис. 15.7 приведены распространенные схемы светящих полос и экспериментально полученные значения их КПД.

В светящих полосах в большинстве случаев используются светильники-блоки с открытыми ЛЛ. Требования к взаимному размещению ламп те же, что и для ПС. В качестве отражателей полос используются окрашенные металлические (желательно в заводских условиях) короба и ниши, устанавливаемые в строительных элементах, окрашенных белой водоэмульсионной краской. На рис. П. 22, *г* было показано освещение вестибюля светящими полосами с двумя рядами ЛЛ мощностью 40 Вт. В качестве отражателя использован эмалированный металлический короб шириной 220 и высотой 170 мм.

Определить КПД светящей полосы, имеющей характеристики, отличные от указанных на рис. 15.7, можно по формуле

$$\eta = \frac{S_р \tau_р}{(1 - \rho_{ср})(S_р + S_к)}, \qquad (15.3)$$

где $S_р$, $S_к$ — площади рассеивателя и отражающей поверхности короба, м²; $\tau_р$ — коэффициент пропускания рассеивателя; $\rho_{ср}$ — средневзвешенный коэффициент отражения внутренней поверхности короба.

При конструировании светящих полос необходимо учитывать, что расстояние между осями параллельно расположенных ЛЛ должно быть не менее 120 мм, рекомендуемое расстояние от ламп до остекления — не менее 100 мм (в обоснованных случаях допускается уменьшать его до 50 мм). Тепловой режим внутри замкнутого короба световой полосы более напряженный, чем в ПС. Удельная нагрузка не должна превышать 450 Вт на 1 м² поверхности выходного отверстия полосы.

Устройства отраженного света. Основные принципиальные схемы устройств изображены на рис. 15.4.

Схема рис. 15.4, *г* представляет собой световой карниз (СК), а схема рис. 15.4, *в* может рассматриваться как система подвесных СК. Отражающие ПС создают в помещении неблесковое, бестеневое, достаточно равномерное освещение (рис. П.23, *б*). Их недостатками являются невысокая экономичность и в ряде случаев сложность поддержания в чистоте.

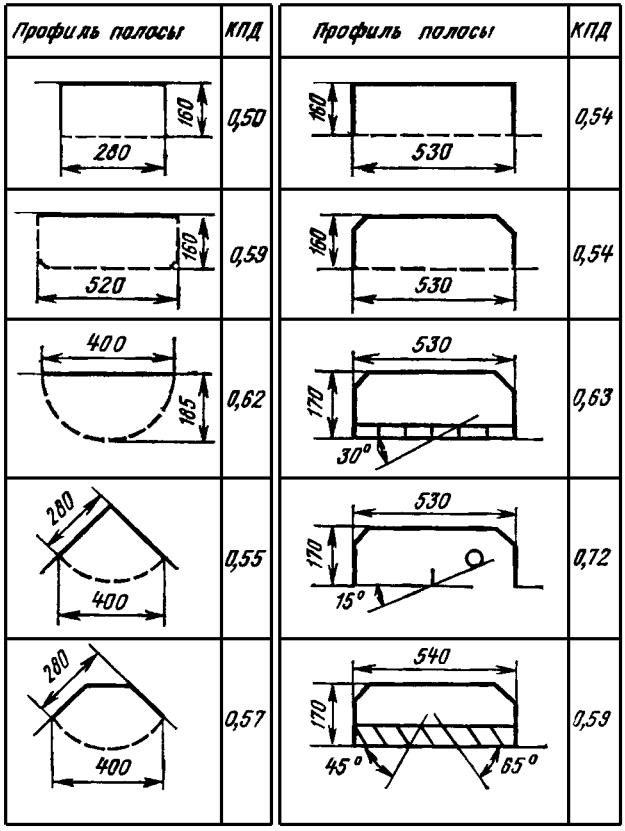


Рис. 15.7. Светотехнические схемы светящих полос и экспериментальные значения их КПД.

——— — внутренняя диффузно отражающая поверхность (ρ = =0,75); — — — — поверхность из опалового оргстекла (τ=0,63. ρ=0,22); все экранирующие решетки выполнены из опалового органического стекла, ПРА установлены вне полос.

При схеме рис. 15.4, *в* требования равномерности яркости отражающей поверхности выполняются при соотношениях l/h, приведенных в табл. 15.2, для схемы рис. 15.4, *г* эта равномерность должна быть обеспечена как поперек стены и потолка, так и вдоль них. При плавном монотонном изменении яркости вполне допустимой является неравномерность 1 : 5, а периодические плавные изменения, допустимые в пределах ограниченной плоскости, не должны превышать 1 : 1,5.

Выполнение СК связано с выбором размеров карнизов, их профилей и размещением ИС. На рис. 15.8 изображены схемы СК, его размеры и основные линии, используемые для построения профиля: визирная и створная. Визирной линией называют направление от глаз человека на край карниза в плоскости, перпендикулярной карнизу. Однако для полного исключения видимости ИС угол наклона визирной линии к горизонту рекомендуется выбирать несколько меньшим, равным углу наклона к горизонту линии направления от глаз человека, находящегося в углу помещения, на удаленный край карниза (в диагональном сечении помещения). Уровень глаз человека принимается равным 1,6 м от пола.

Створной линией называют направление от нижнего края светящей части ИС на противоположный край потолка.

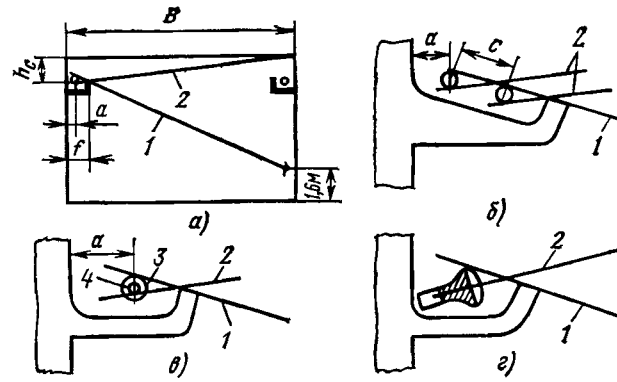


Рис. 15.8. Светотехнические схемы световых карнизов.

а — основные размеры и линии; *б* — световой карниз с ЛЛ; *в* — световой карниз с ЛН; *г* — световой карниз с зеркальными ЛН; *1* — визирная линия; *2* — створная линия; *3* — колба ЛН; *4* — тело накала ЛН.

Для СК могут быть сформулированы следующие общие требования.

1. Части ОУ (ИС, коробки, трубы и т. п.) должны размещаться ниже визирной линии, т. е. должны быть невидимы для наблюдателя.

2. Козырек карниза не должен быть выше створной линии, иначе световой поток, падающий на потолок, частично экранируется.

3. Если СК расположены с двух сторон помещения и положение створной линии приводит к нежелательному увеличению габаритных размеров карниза, створную линию можно проводить через центр потолка (лучше с некоторым смещением к противоположному краю, примерно равным 0,1 В).

4. Следует стремиться к возможному увеличению расстояния a от ИС до стены, при этом $f \leqslant 0{,}1$ В. Для зеркальных ламп, ЛЛ и ЛН в ОП, не направляющих световой поток на стену, значение a не регламентируется.

5. Полость карниза должна иметь минимальный периметр в поперечном сечении, а сопряжение полости карниза с плоскостью стены рекомендуется выполнять сглаженным, плавным.

6. Полость карниза должна иметь гладкую поверхность и быть светлоокрашенной. В ряде случаев эффективны специальные зеркальные вставки в карнизах (рис. 15.9).

7. Для устройства отражающих ПС карниз должен выполняться: в помещении со сферическими сводами — вокруг всего свода; в помещении с цилиндрическими сводами — с двух сторон по образующим цилиндра (в узких помещениях допускается с одной стороны); в помещении с плоским потолком рекомендуется размещать карниз с четырех сторон (размещение карниза с двух сторон ухудшает равномерность распределения яркости по потолку, а с одной возможно только для декоративной цели).

Таблица 15.4. **Рекомендуемые соотношения для устройства световых карнизов**

Параметр	Источник света		Зеркальные ЛН (рис. 15.8, *г*)
	ЛЛ[1] (рис. 15.8, *б*)	ЛН[2] (рис. 15.8, *в*)	
a, м, не менее	0,125[3]	0,15[4]	Наименьший возможный
h_c/a, не более[5]	3,5	3,5	—
d/a, не более	—	1,5 (1,7)[6]	—
B/h_c[7], не более:			
для одностороннего карниза	2[8]	2[8]	3,5
для двухстороннего карниза	5[8]	5[8]	7,5 (10)
c, не менее	3 (2) диаметра лампы	—	—
d, м	$\geqslant 0,1$	—	$\leqslant 1,5$ (2)
h_c, не менее, м	—	—	1,5 (1,3)[9]

[1] Устанавливаются в светящие полосы. Для лучшего освещения удаленного края потолка дно карниза рекомендуется наклонять в сторону помещения.

[2] Рекомендуется использовать лампы с матрированной или молочной колбами. Меньшие размеры карниза могут быть получены при установке ламп горизонтально (ось лампы — вдоль карниза).

[3] При двух- и трехрядном размещении ламп снижается до 0,075 м.

[4] При ЛН с матрированной и молочной колбами снижается до 0,1 м.

[5] Соотношение может служить основанием для увеличения a, но не для уменьшения h_c.

[6] Если ЛН с прозрачными колбами установлены горизонтально, то 1,7 (2).

[7] При сводчатых потолках не регламентируются.

[8] Могут быть увеличены до 3 (одностороннего карниз) и 7 (двухстороннего карниз) при устройстве плоской зеркальной вставки (рис. 15.9).

[9] При $h_c < 1,3$ м на потолке образуется резкая полоса повышенной яркости.

Примечание. В скобках указаны значения, допускаемые в виде исключения.

В табл. 15.4 приведены рекомендуемые соотношения для СК с различными ИС. Размер d определяет расстояние между лампами (для зеркальных и нормальных ЛН) или взаимное смещение рядов ЛЛ.

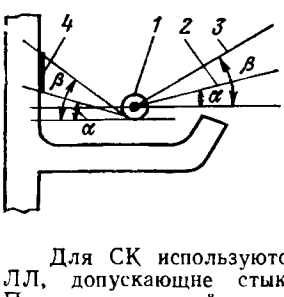


Рис. 15.9. Определение размеров и местоположения зеркальной вставки СК.

1 — лампа (колба ЛЛ или тело накала ЛН); *2* — направление на удаленный край потолка или линию отстоящую от стены карниза на 0,6 В; *3* — направление на центр потолка или линию, отстоящую от стены карниза на 0,3 В; *4* — плоская зеркальная вставка.

Для СК используются светильники с открытыми ЛЛ, допускающие стыкованную установку в линию. Провода групповой линии прокладывают в корпусах ОП. Патроны для ЛН устанавливают в коробках, коробах (на монтажных профилях или скобах) (рис. 15.10).

Коробки соединяют патрубками. Патроны с ниппелем для зеркальных ламп устанавливаются на скобах из полосовой стали, укрепляемых на крышках коробок или коробов. Угол отгиба скобы регулируется при выполнении наладочных работ. Аналогично крепятся патроны для ЛН, располагаемых горизонтально.

Устройство подвесных СК по схеме рис. 15.4, *в* пояснений не требует. Рекомендуется использовать двухламповые ОП с отражателями, например типа ЛД, укладываемые выходными отверстиями вверх в декоративные короба. Можно применять светильники-блоки с ЛЛ, монтируемые в требуемое количество рядов в коробах со светлоокрашенными внутренними стенками. Высота подвеса коробов не менее 0,5 м. Подвесные карнизы могут устанавливаться параллельными линиями (см. рис. П.19, *а*) или пересекаться, образуя геометрический рисунок (рис. П.24, *б*). Короба подвесных СК могут выполняться частично из просвечивающих материалов. Такой прием позволяет «облегчить» короб и увеличить КПД устройства. Так, в коробах из алюминиевого профиля (см. рис. П.19, *а*) вдоль оси сделана прорезь, перекрытая опаловым органическим стеклом.

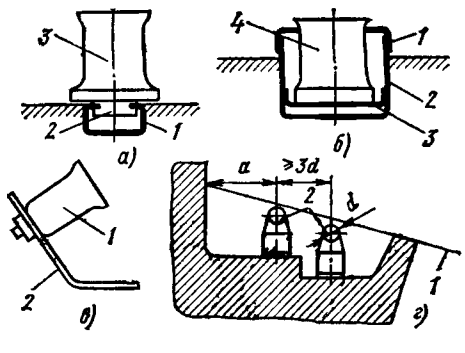


Рис. 15.10. Установка патронов для ЛН и светильников с ЛЛ в световых карнизах.

а — установка патрона на монтажном профиле (*1* — С-образный профиль; *2* — закладная гайка; *3* — патрон; щель закрывается стальной полосой или изоляционным материалом); *б* — установка патрона в монтажном коробе (*1* — крышка короба; *2* — короб; *3* — скоба; *4* — патрон); *в* — установка патрона для зеркальной лампы на регулировочной скобе (*1* — патрон с ниппелем; *2* — скоба — сталь полосовая); *г* — установка светильников типа ЛПО09 (*1* — внзирная линия; *2* — ЛЛ).

Используя в различных сочетаниях основные схемы ПС, можно создавать разнообразные осветительные устройства. На рис. 15.11 приведены схемы устройств отраженного света, рис. П.23, *а*, П.25, *а*, П.26, *а* и *в* иллюстрируют некоторые из них.

Световой карниз рассеянного света представляет собой линию из светильников-блоков с ЛЛ, установленных на стене и частично экранированных жалюзийной решеткой, закрепленной на кронштейнах, он может условно рассматриваться как СК рассеянного света. Коэффициент полезного действия такого устройства высок, а его эксплуатация проста. Вместо решетки может использоваться рассеиватель из органического стекла. При использовании такого СК повышается яркость стен под ним и увеличивается значение $E_ц$.

Напольные ОП отраженного света обычно размещаются в помещении равномерно. В них может устанавливаться одна или несколько ламп (ГЛВД, ГЛН, зеркальные и нормальные ЛН) большой единичной мощности. Такой прием освещения рекомендуется для высоких помещений, чаша ОП может выполняться из непрозрачного или светопропускающего материала.

Светильники прямого света, в том числе и с ЛЛ, направляющие световой поток на потолок, могут быть размещены на верхних обрезах выставочных стендов, на кровлях ларьков и киосков, находящихся в помещении, над тамбурами и т. п. На рис. П.23, *а* приведен пример ОУ с СК, размещенными в капителях колонн.

Подвесной потолок, края которого не примыкают к стенам и создавшиеся по контуру ниши используются для установки ОП, ярко освещающих верхние части стен и прилегающую к стенам часть основного потолка помещения, создает впечатление «парящего», не опира-

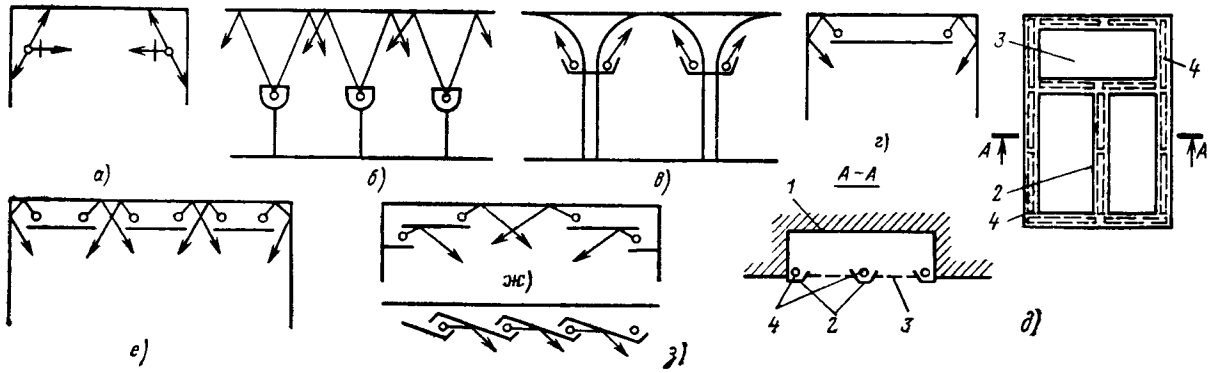


Рис. 15.11. Схемы устройств отраженного света.

а — световые карнизы рассеянного света; *б* — напольные светильники отраженного света; *в* — световые карнизы в капителях колонн; *г* — «парящий» потолок; *д* — «световое» окно (*1* — светлокрашеная ниша; *2* — короба, имитирующие оконный переплет; *3* — опаловое органическое стекло; *4* — ЛЛ); *е* — накладной и вырезанный потолки; *ж* — ступенчатый потолок; *з* — падуги.

ющегося на стены. Такой прием зрительно снижает высоту помещения, но облегчает его верхнюю часть, как бы раздвигает стены, создает праздничное настроение [15.1].

Яркое освещение вышележащей плоскости ОП, установленными за краем нижележащей, зрительно расчленяет обе плоскости, подчеркивает линию перепада их высот, чем часто пользуются в практике архитектурного освещения. Яркая линия отрыва плоскостей с резким спадом яркости украшает интерьер, делает его нарядным. На таком приеме построены ступенчатые вырезанные потолки, потолки с накладными фигурами и нашедшие большое применение ПС с падугами. Падуги обычно размещаются поперек помещений и в плане могут иметь как прямолинейные, так и криволинейные очертания. Форма падуги в поперечном сечении может быть плоской, состоящей из нескольких «сломанных» плоскостей, плавно изогнутой (лучше вогнутой). Распределение яркости по поверхности падуги — равномерное или плавно спадающее. Падуги раскрываются в сторону эстрады, сцены или президиума. Освещение с помощью падуг создает в помещении четкий световой ритм, оно художественно выразительно. Как правило, КПД падуг невысок, поскольку раскрытие световой щели невелико. В падугах обычно устанавливаются два-три ряда ЛЛ. Для увеличения КПД падуг стремятся сконцентрировать световой поток ламп на выходном отверстии, для чего применяют ОП прямого света либо используют экран-отражатель, устанавливаемый за ИС.

Смонтированные в падугах ОП обслуживают, как правило, с технического этажа. При помощи падуг в помещении создается обычно лишь доля нормируемой освещенности. Для ее увеличения в поверхность падуг желательно встраивать ОП прямого света. При конструировании падуг необходимо обеспечивать скрытность ИС. Окраска падуг должна быть по возможности диффузной (желательно использовать водоэмульсионную окраску), а их поверхность тщательно обработана, так как скользящий свет хорошо выявляет дефекты.

Для световых окон и витражей (рис. 15.11, *д*), как правило, используется система отраженного света.

Значительное оживление, художественное обогащение интерьера создается при использовании в одном помещении различных приемов и способов освещения.

Наиболее часто сочетаются устройства прямого и отраженного света со встраиваемыми или подвесными ОП с ЛН (см. рис. П.22, *г*; П.25, *б*; П.24, *б*). Неплохо выглядят сочетания светящих полос с ЛЛ со встраиваемыми ОП с ЛН, СК со встраиваемыми ОП с ЛЛ (см. рис. П.26, *б*), подвесных и встраиваемых ОП с ЛН (см. рис. П.25, *а*) и др. В крупных залах универсального назначения особенно целесообразно применение нескольких приемов, что позволяет создавать разнообразные композиционные решения освещения в зависимости от варианта использования зала (кинопрограмма, концерт, деловое совещание, торжественное заседание). Например, в зале заседаний Кремлевского Дворца съездов применены следующие приемы освещения: падуги, подвесной СК, светящая полоса с ЛН, перекрытая органическим стеклом (пристенное поле), встраиваемые ОП с ЛН и ЛЛ, ниши отраженного света с ЛЛ и др.

Однако использование большого числа различных приемов и способов освещения надо допускать с осторожностью, не теряя чувства меры, с тем чтобы не разрушить стилевого единства оформления. На рис. П.25, *д* приведен пример удачного решения системы падуг, где ЛЛ, дополнительно установленные поперек падуг, освещают поверхность массивных поперечных балок, что создает активный дополнительный ритм. Таким образом, один прием освещения создает два различных светотеневых рисунка, как бы два способа освещения.

Наиболее целесообразно сочетать в помещении приемы освещения, выполненные различными ИС, обычно ЛЛ и ЛН. Можно предположить, что внедрение ГЛВД позволит организовать и другие интересные сочетания. Не следует опасаться значительной разницы в спектральных характеристиках ИС, устанавливаемых в одном помещении. Так, если в первых отечественных ОУ, где применялись ЛЛ и ЛН, старались использовать ЛЛ, спектральный состав которых приближался к ЛН, то дальнейшая практика показала, что хороший эффект достигается при смешении спектров ЛН и ЛЛ типов ЛБ, ЛХБ и даже ЛД. Конечно, в этих случаях цветность источников значительно различается, а ЛН зрительно приобретает еще более теплый оттенок. Если же по замыслу архитектора значительное различие цветности ИС нежелательно, то цветности ЛН в наибольшей степени соответствует цветность ламп типа ЛТБЦ.

Цветные ИС могут в небольших количествах использоваться для создания декоративного эффекта. Более широкое их применение возможно в таких помещениях, как залы ресторанов, кафе, танцевальные, для проведения праздничных вечеров и балов, новогодних елок и т. п. Элементы цветного декоративного освещения вполне допустимы и даже желательны в залах многоцелевого назначения. Удачным примером оригинального использования цветного освещения служит зрительный зал Дворца культуры «Украина» в Киеве (рис. 15.12 и П.26, *г*). Рельефный подвесной потолок зала пронизан цилиндрическими тубусами из опалового ор-

ганического стекла, над которыми установлены мощные зеркальные ЛН. В эти же тубусы вводится световой поток зеркальных ЛН небольшой мощности, пропущенный через цветные фильтры. Возможность попеременного включения и плавного регулирования яркости этих ламп по определенной программе позволяет создать в зале эффектный свето-цветовой спектакль.

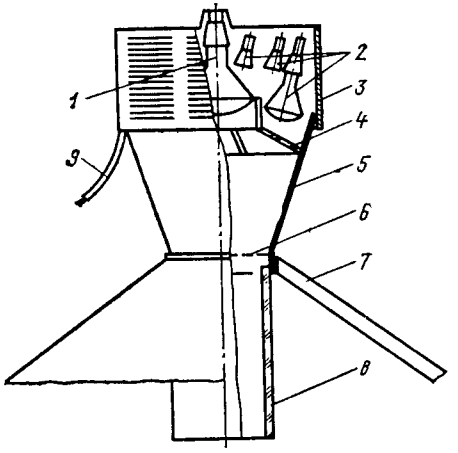


Рис. 15.12. Схема осветительного устройства зрительного зала Дворца культуры «Украина» в Киеве.

1 — зеркальная лампа «белого» света; *2* — зеркальные ЛН, создающие цветное освещение; *3* — кожух с вентиляционными отверстиями; *4* — рамка с цветными светофильтрами; *5* — отражатель; *6* — защитная сетка; *7* — подвесной потолок; *8* — цилиндрический рассеиватель из опалового стекла; *9* — кабель.

Нормирование освещенности в помещениях с одновременным использованием ЛЛ и ЛН выполняется по нормам для ЛЛ. Исключение может быть допущено в случаях, когда ЛЛ используются для декоративных целей и создают освещенность, не превышающую 10—15 % нормируемой для ЛН. Если же в одном из вариантов освещения помещения используется один тип ИС, то нормирование освещенности производится для этого источника.

Управление освещением должно обеспечивать удобство эксплуатации и возможность создания различных режимов в зависимости от варианта использования помещения.

Разделение ОУ на группы отдельно управляемых осветительных средств следует проводить совместно с архитекторами, с тем, чтобы каждый вариант освещения (программа освещения) представлял эстетически завершенную систему. Это относится к любым возможным режимам работы ОУ, в том числе к дежурным и аварийным.

На независимое управление выделяются ОП, используемые для отдельных приемов освещения. Для одного приема или способа освещения рекомендуется обеспечивать возможность раздельного включения групп ИС, образующих определенный световой рисунок (например, разделяя на отдельные части многоламповые люстры, отключая по рядам многорядные СК и т. п.).

При любой программе освещения должна быть предусмотрена наибольшая надежность работы ОУ. В каждой программе следует использовать все имеющиеся в помещении источники питания.

В зрительных залах и залах многоцелевого назначения вместимостью 400 человек и более рекомендуется устройство плавного регулирования яркости всех или части ИС (последней ступени отключения). Светорегуляторы освещения залов (см. § 13.8) целесообразно устанавливать независимо от постановочного освещения. При разработке программ освещения надо выделять систему дежурного, а также освещения для уборки помещений, обеспечивающего освещенность не ниже 30 лк. Для крупных общественных комплексов с залами многоцелевого назначения обычно выполняется централизованное дистанционное управление освещения помещений для публики. Центральный пульт управления размещают в помещении с постоянным дежурным персоналом, из которого возможен обзор зала. С этого пульта управляют всеми видами освещения зала и основных помещений для публики (вестибюля, фойе, кулуаров, буфетов и др.).

Дополнительно могут быть установлены пульты управления освещением зала в кинопроекционной, регуляторной постановочного освещения, на эстраде и у главного билетера. Обязательно должно предусматриваться автоматическое включение части освещения при аварийных перерывах кинопроекции.

В зрительных сооружениях места управления рабочим и аварийным освещением помещений для публики регламентированы ПУЭ. Так, рабочее освещение зрительного зала должно управляться из регуляторной, кинопроекционной, с поста главного билетера или от входа в зрительный зал. Другие помещения для публики управляются с поста главного билетера или от входа в зрительный зал. Аварийное и эвакуационное освещение управляются из помещения аккумуляторной, а при ее отсутствии — из помещения ГРЩ. Допускается управление также из кинопроекционной или помещения пожарного поста.

Напряжение цепей управления обычно 220 В. Если питание цепей управления выполняется независимым, то рекомендуется производить его от двух независимых источников с установкой АВР. На пульте управления размещаются выключатели, кнопки или ключи управления и сигнальные лампы контроля наличия напряжения на источниках питания и контроля исполнения команд. Для крупных залов желательно, чтобы схема управления предусматривала возможность программного управления (2—3 заранее определенные программы и произвольная).

Для крупных ОЗ уникального назначения выполняются сложные системы управления с использованием современных средств диспетчерского и телемеханического управления, обеспечивающие широкие возможности многопрограммного и автоматизированного управления ОУ. Стоимость выполнения усложненных систем управления высока, а для их эксплуатации требуется высококвалифицированный персонал, поэтому по возможности следует ограничиваться наиболее простыми схемами управления и широкодоступными средствами, обеспечивая достаточные эксплуатационные удобства и надежность действия.

Для помещений большой вместимости (залов, фойе, вестибюлей и т. п.) питание ОУ целесообразно выполнять поровну от двух независимых источников переменного тока, добавляя, если это требуется, третий источник, например аккумуляторную батарею (см. § 13.8).

Организация проектирования требует работы светотехников в тесном контакте с инженерами различных специальностей — конструкторами, сантехниками, акустиками и др. Взаимное согласование решений по прокладке сетей, тщательная совместная проработка узлов совершенно необходимы и являются залогом качественного монтажа и удобной эксплуатации инженерных систем сооружения. Интересы инженеров различных специальностей сталкиваются при проектировании крупных помещений для публики, особенно при разработке конструкций потолков. Часто они противоречивы, и поиски взаимоприемлемого решения являются сложной твор-

ческой задачей. Ее успешное решение требует от светотехника-проектировщика наряду с твердостью в отстаивании принципиальных положений уважительного отношения к потребностям смежников. В качестве иллюстрации на рис. 15.13 приведено комплексное решение подвесного потолка фойе, сочетающее такие казалось бы несовместимые интересы инженеров различного про-

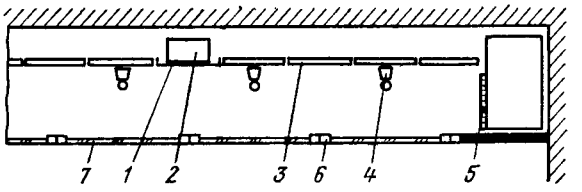


Рис. 15.13. Комплексное конструктивное решение светового потолка.

1 — съемный элемент отражателя (окрашенный перфорированный алюминий); *2* — громкоговоритель; *3* — несъемный элемент отражателя (окрашенный перфорированный алюминий со слоем звукопоглотителя); *4* — светильник-блок с люминесцентными лампами; *5* — воздуховод системы вытяжной вентиляции с вентиляционной решеткой; *6* — экранирующая металлическая решетка; *7* — светотехническое оптическое стекло.

филя, как устройство сплошного светящего потолка с высококачественным отражателем, необходимость расположения на потолке вентиляционных решеток и громкоговорителей и покрытие большей части площади потолка звукопоглотителем.

15.2. НАРУЖНОЕ АРХИТЕКТУРНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

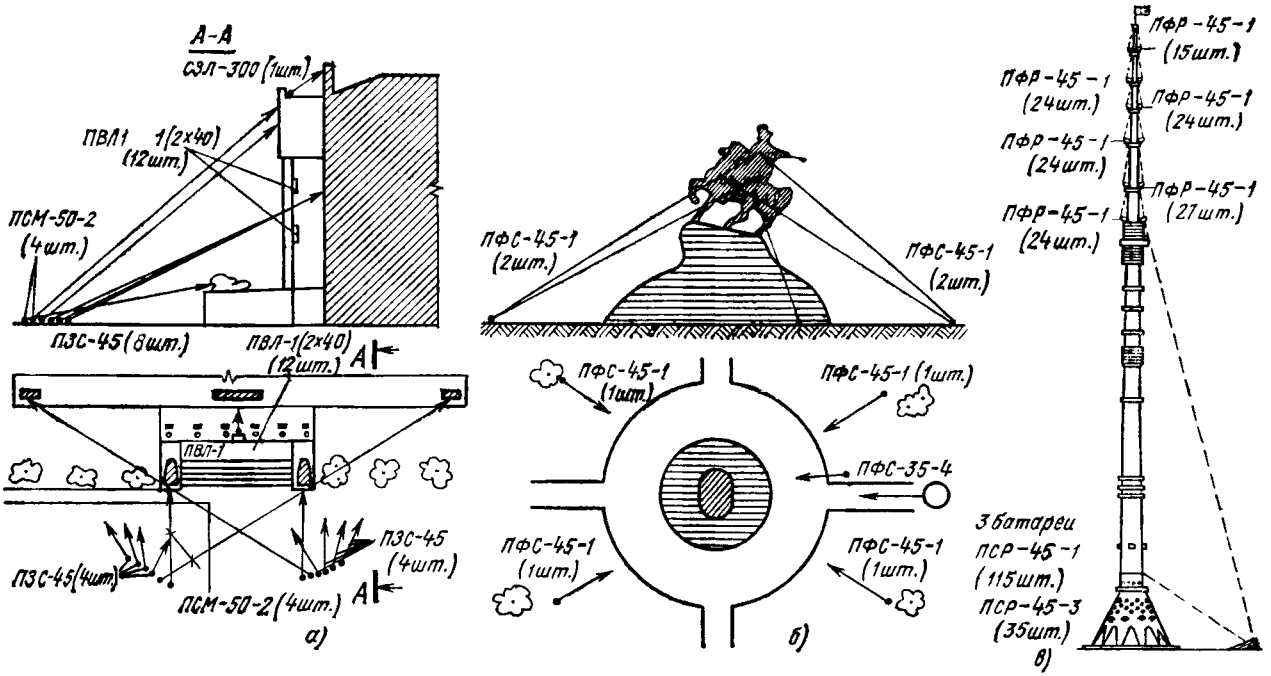
Архитектурное наружное освещение (НО) городских ансамблей, зданий, сооружений и объектов ландшафтной архитектуры совместно с функциональным НО улиц и площадей, световой рекламой и иллюминацией определяет вечерний облик современного города. Системы искусственного освещения зданий, памятников и других сооружений подчеркивают их идейно-художественные и пластические особенности. От начатого в конце XIX в. НО фасадов зданий и сооружений архитекторы постепенно переходят к творчеству, в котором искусственный свет становится важной категорией архитектуры [15.3], позволяющей по-новому решать задачи композиции, пластики и пространства, иллюминации [15.13, 15.17] и рекламы [15.15]. Тесная взаимосвязь светотехники с градостроительными идейно-художественными задачами обусловливает требование [44] о необходимости разработки проектов архитектурного НО только с разрешения исполкомов городских (районных) Советов.

Задачи архитектурного НО разнообразны, как и сама архитектура, и поэтому требования к количественным параметрам ОУ обобщены и усреднены [44]. Накопленный опыт работ в этой области в значительной мере учтен в «Методических рекомендациях по проектированию наружного архитектурного освещения зданий и сооружений», разработанных ЦНИИЭП инженерного оборудования и ВНИСИ.

Взаимосвязь целевых зарач архитектурного НО и технических аспектов их решения представлена в табл. 15.5.

Таблица 15.5 **Архитектурные и светотехнические требования в установках архитектурного наружного освещения**

Целевая задача	Предпочтительное сочетание характеристик объекта с его расположением для реализации целевой задачи	Способ освещения и светотехнические требования
1. Создать контраст между объектом и фоном, сохранив композицию объекта такой, какой она воспринимается при дневном рассеянном естественном освещении (рис. П.28, *а*)	Здания, при их любом расположении, с преимущественно плоскими непрозрачными наружными поверхностями (административные, зрелищные, спортивные, учебные и т. п.)	При расположении в густо застроенной части города и при наблюдении с близких расстояний (5—15 м) — равномерное освещение. При расположении обособленно, на возвышенностях или в зонах, отдаленных от других застроек, — неравномерное освещение, изменение яркости сверху вниз плавное, в соотношении 5 : 1
	Архитектурные ансамбли, здания и сооружения, наблюдаемые преимущественно с расстояний более 100 м при их любых композиционных и пластических характеристиках	Яркость частей поверхности, примыкающих к темному фону, должна в 3—5 раз превышать среднюю яркость, снижение яркости в направлениях к земле и к зонам, удаленным от фона, должно быть плавным
	Сооружения, не образующие, как правило, замкнутого пространства, наблюдаемые с различных расстояний и воспринимаемые в основном по очертаниям (мосты, виадуки, телевизионные башни, обелиски и т. п.), существенно отличающиеся размерами и назначением от других объектов, одновременно попадающих в поле зрения	Равномерное освещение, наибольшая яркость всех контурных линий, плавно уменьшающаяся в 5—10 раз по мере удаления от них
2. Акцентировать композиционные и пластические особенности объекта, не изменяя в целом его дневного облика (рис. П.27)	Здания старинной архитектуры разных стилей, наблюдаемые с близких расстояний	Комбинированное (равномерное) освещение фасада, повышенная яркость его отдельных элементов, недопущение искажающих теневых образований. В зданиях с витражами возможно использовать свет в интерьерах для «работы» витражей «на просвет»
	Монументы и памятники, при освещении которых недопустимо нарушать пропорции между их композиционными деталями и искажать фигуры и лица при любом расположении наблюдателя	Неравномерное освещение, правильно воспроизводящее тени
3. Создать контраст между объектом и фоном, а также между отдельными его частями, придав объекту отличный от дневного образ (рис. П.28, *б*)	Здания с большими поверхностями остекления, наблюдаемые с близких или дальних расстояний	Освещение из интерьеров всех светопроемов или их части для создания заданного светового рисунка, сочетания цифр, букв
	Здания и сооружения с возвышающимися или композиционно обособленными элементами, освещаемые части которых наблюдаются с различных расстояний	Равномерное освещение отдельных элементов здания (или их сочетание) с воспроизведением их естественного цвета или иного цвета в статическом или динамическом режиме
	Здания и сооружения с предусмотренными конструкциями для световой архитектуры	Неравномерное распределение яркости, обеспечиваемое различными средствами освещения и материалами со специальными оптическими свойствами



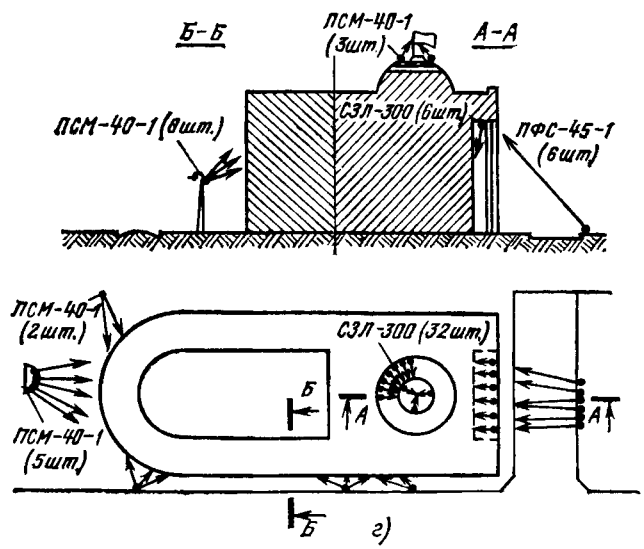


Рис. 15.14. Характерные схемы размещения световых приборов в установках архитектурного наружного освещения.

а — здание Государственного музея изобразительного искусства УССР, Киев; *б* — памятник Богдану Хмельницкому, Киев; *в* — Останкинская телевизионная башня, Москва; *г* — здание Верховного Совета УССР, Киев.

Проектирование установок архитектурного НО должно осуществляться комплексно, с проектированием объектов. В этом случае талант архитектора, знания и опыт светотехника могут привести к новым, успешным решениям. Можно рекомендовать следующую последовательность проведения работ.

1. Определяется целевая задача, уточняются архитектурно-строительная характеристика объекта, его расположение в градостроительной ситуации и условия зрительного восприятия.

2. Выбираются возможные места размещения ОП.

3. Отбираются для сопоставления варианты светотехнических решений, в которых использованы различные средства освещения.

4. Осуществляются светотехнические расчеты и выбор наивыгоднейшего варианта (рекомендуется применять методы моделирования).

5. Разрабатывается и согласовывается техническая документация, включающая рабочие чертежи.

Работы по первым двум этапам целесообразно осуществлять путем тщательного изучения ситуации в натуре (для существующих объектов) или ознакомления с макетами (для создаваемых зданий и сооружений).

Полезно обследовать действующую установку архитектурного НО аналогичного объекта или ознакомиться с описанием освещения такого объекта по литературным источникам. На данной стадии работы проводится исследование возможности получения тех или иных эффектов и определение целевой задачи в сочетании с реальными возможностями размещения ОП при условии ограничения их слепящего действия. При отсутствии аналогов можно использовать рекомендации, содержащиеся в табл. 15.5, и положения, относящиеся к архитектурно-художественным критериям оценки целей и задач архитектурного НО, рассмотренные в [15.3, 15.16, 15.17].

При выборе возможных мест размещения СП кроме отмеченных выше ограничений должны обеспечиваться условия удобного доступа к ним для эксплуатации и электробезопасности, надежного закрепления и осуществления подводки электропитания.

Широко распространено размещение ОП на опорных конструкциях на поверхности земли, в нишах, на крышах зданий, на специальных балконах, внутри зданий и др. [15.18]. Некоторые характерные схемы размещения ОП архитектурного НО приведены на рис. 15.14.

Сопоставляя возможные варианты размещения ОП, каждый из которых полностью удовлетворяет предъяв-

Таблица 15.6. **Характерные изменения в восприятии цвета облицовочных материалов при их освещении различными источниками света**

Цвет материала при дневном естественном освещении	Предпочтительный тип ИС	Цветовая тональность при ИС				Насыщенность цвета при ИС				Светлота при ИС			
		ЛН	ДРЛ	МГЛ	НЛВД	ЛН	ДРЛ	МГЛ	НЛВД	ЛН	ДРЛ	МГЛ	НЛВД
Светло-голубой	НЛВД, МГЛ, ЛН	Позеленение	БИ	Позеленение	З пожелтение	Н Ум	Н Ум	БИ	Ум	Н Ум	Н Ум	Ум	З Ум
Темно-синий	ДРЛ, ЛН	То же	Посинение	Н позеленение	З позеленение	То же	З Ум	Ум	З Ум	То же	Ум	То же	Ум
Серо-бежевый	НЛВД, ЛН	З покраснение	Н пожелтение	БИ	Покраснение	Ув	Н Ум	Н Ум	Н Ум	Н Ув	Н Ув	Н Ув	Н Ув
Темно-коричневый	МГЛ, НЛВД, ЛН	То же	Покраснение	Покраснение	З покраснение	З Ув	Ум	Ум	З Ум	То же	БИ	БИ	То же
Светло-зеленый	ЛН, ДРЛ МГЛ	Позеленение	Н пожелтение	Позеленение	З пожелтение	Ум	Н Ум	То же	То же	Н Ум	То же	То же	Ум
Темно-голубой	МГЛ, ДРЛ	То же	Н посинение	Н позеленение	То же	Ув	Ум	БИ	»	То же	Н Ум	Н Ум	То же
Желто-зеленый	НЛВД, МГЛ, ЛН	З покраснение	Н пожелтение	Н покраснение	З покраснение	Н Ум	З Ум	З Ум	»	Ув	Н Ув	Н Ув	З Ув
Красно-коричневый	НЛВД, МГЛ	то же	Н покраснение	Покраснение	Покраснение	Ув	То же	То же	»	То же	То же	То же	То же
Коричневый	НЛВД, МГЛ	» »	БИ	Н покраснение	То же	То же	»	»	»	Н Ув	»	»	Ув
Темно-зеленый	МГЛ, ДРЛ	Посинение	Н посинение	Посинение	З пожелтение	Н Ув	Н Ув	Ув	»	БИ	БИ	БИ	Н Ум

Примечание. БИ — без изменений; З — значительное; Н — незначительное; Ум — уменьшение; Ув—увеличение.

ляемым требованиям, следует отдавать предпочтение тому из них, который характеризуется наилучшими технико-экономическими показателями. Применительно к установкам архитектурного НО таковым является достижение желаемого архитектурно-художественного эффекта при минимальных приведенных затратах (см. § 10.4). Важными показателями также являются надежность действия ОУ и стабильность ее светотехнических характеристик. Учитывая, что, как правило, установки архитектурного НО создаются для режима ежедневного использования, фактор минимизации эксплуатационных затрат имеет важное значение и обусловливает задачу поиска варианта с наименьшей установленной мощностью ИС.

Выбор ОП должен осуществляться с учетом требований, предъявляемых к спектральным характеристикам ИС. Эти требования должны учитывать возможные последствия, связанные с восприятием цвета поверхностей в установках архитектурного НО.

В табл. 15.6 приведены рекомендации по выбору различных типов ИС, используемых в ОУ. При этом следует руководствоваться следующим.

1. Для решения задачи 1 (табл. 15.5) при выборе ИС предпочтение отдается тем из них, которые обеспечивают лучшую светлотную характеристику в сочетании с экономическими преимуществами, а при задаче 2 учитываются, как правило, также показатели, обеспечивающие правильную цветопередачу. Для решения задачи 3 искажение цвета материалов при освещении некоторыми ИС может быть сознательно использовано.

2. Объекты с монохроматическим цветом поверхностей должны освещаться ИС со спектром излучения, близким к цвету объекта. Для этой цели полезно использовать светофильтры. При этом следует иметь в виду, что значения освещенности (табл. 15.7) приведены для объектов, характеризующихся в основном ахроматическими цветами. В силу свойств восприятия цвета в условиях темновой адаптации спектральный состав ИС может обеспечивать получение благоприятного эффекта при снижении нормируемых уровней освещенности.

3. Для освещения объектов, имеющих «холодные» цветовые оттенки поверхностей, а также зелени следует, как правило, применять ИС с высокой цветовой температурой (лампы типов ДРЛ, МГЛ, ЛЛ типов ЛД, ЛХБ и др.), а для освещения объектов, окрашенных в «теплые» цвета, а также зон с интенсивным пешеходным движением — с низкой цветовой температурой (ЛН, в том числе ГЛН, ЛЛ типов ЛТБ, ЛБ и др.).

Выбор ИС и возможных вариантов размещения ОП проводится на основе определенного способа освещения с последующим уточнением светораспределения ОП (табл. 15.7).

При выборе размещения ОП (снаружи или внутри помещения) должно учитываться их климатическое исполнение.

В архитектурном НО могут использоваться ОП с различным светораспределением. Так, для равномерного освещения фасадов зданий широко используются прожекторы заливающего света, установленные на поверхности земли. Это ОП с большими углами рассеяния, разными типами ИС различной мощности (ПСМ, ПЗР, ПЗС, ПКН, ПГП, ПГЦ и др.). Как правило, в архитектурных установках НО коэффициент использования светового потока прожекторов весьма невысок из-за того, что значительная часть светового потока направляется за пределы освещаемой поверхности, а удаление ОП от объекта сопровождается поглощением и рассеянием света в воздушной среде. Известен, но мало распространен другой прием освещения фасадов зданий, отличающийся высокой экономичностью, когда используются ОП установок НО дорог и проездов, имеющие несимметричное светораспределение (например, типа СКЗПР) и устанавливаемые на крышах зданий. Достоинством этого приема освещения является то, что при его использовании устраняются трудности, связанные с размещением ОП на поверхности земли.

Для освещения высоких сооружений, осуществляемого с больших расстояний, широко используются прожекторы с большой осевой силой света и малыми углами рассеяния. Эти ОП можно применять и для «скользящего» освещения с близкого расстояния (рис. 15.14).

Для освещения объектов небольших размеров со значительных дистанций применяются прожекторы или проекционные приборы. Развитие лазерной техники позволяет успешно использовать, например, гелий-неоновые лазеры. При этом расстояние от лазера до объекта освещения может исчисляться километрами. Выполнение в СССР экспериментальные работы показали, что сочетание лазеров с рассеивающими линзами позволяет использовать их для установок НО.

Таблица 15.7. **Нормируемые значения средней освещенности $E_{СР}$ и рекомендуемые расчетные значения удельного светового потока $Ф_{уд}$, лм/100 м² (значения даны в скобках) для освещаемых объектов**

Материал освещаемой поверхности	Коэффициент отражения	Улица или площадь категории А ($L_ф$ > >5 кд/м²)		Улица или площадь категории Б (1 <$L_ф$< <5 кд/м²)		Улица или площадь категории В ($L_ф$ <1 кд/м²)	
		для фасадов	для памятников	для фасадов	для памятников	для фасадов	для памятников
Белые фасадная краска, керамическая плитка и мрамор, матовый алюминий, нержавеющая сталь	0,7	50 (5000)	75 (5000)	30 (3000)	50 (5000)	20 (2000)	30 (3000)
Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, светлые фасадная краска и керамическая плитка	0,6	75 (6500)	100 (8000)	50 (4000)	75 (6500)	30 (2500)	50 (4000)
Серый бетон, известняк, травертин, желтый песчаник, голубые, светло-зеленые, бежевые, светло-серые фасадная краска и керамическая плитка, светлый мрамор	0,5	100 (7000)	150 (8000)	75 (5000)	100 (7000)	50 (2800)	75 (6000)
Серый офактуренный бетон, серые фасадная краска и керамическая плитка, светлое дерево	0,4	100 (7000)	150 (10 000)	75 (6000)	100 (8000)	50 (3500)	75 (7000)
Розовый и зеленый силикатный кирпич, темно-голубые, темно-бежевые, светло-коричневые фасадная краска и керамическая плитка, потемневшее дерево	0,3	100 (8000)	150 (12 000)	75 (7500)	100 (9000)	50 (4000)	75 (8000)
Темно-серые мрамор, гранит, габбро, темно-коричневые, синие, темно-зеленые, красные фасадная краска и керамическая плитка, глиняный кирпич	0,2	150 (9000)	200 (17 000)	100 (7000)	150 (120 000)	75 (5000)	100 (8000)
Черные гранит, мрамор и керамическая плитка	0,1	200 (20 000)	300 (30 000)	150 (15 000)	200 (20 000)	100 (10 000)	150 (15 000)

При освещении зданий комбинированным способом могут быть использованы ОП разного типа. Выполнение задач, связанных с созданием желаемых светотеней, наилучшим образом достигается применением прожекторов с небольшими углами рассеяния, а также светильников с зеркальными ЛН. Последние целесообразны также при освещении фасадов зданий с близко расположенных опор.

Осветительные приборы не должны засвечивать окна зданий, а при их размещении в зоне зеленых насаждений должны устанавливаться так, чтобы их световой поток не попадал на эти насаждения. Эффект усиления глубины пространства достигается, когда силуэт деревьев, ограды или других деталей ландшафта затемнен и просматривается на фоне освещаемого объекта. Появление на фоне освещаемого объекта посторонних светящих элементов, обладающих большей, чем он, яркостью, создает отрицательный контраст и резко ухудшает восприятие объекта. Это особенно проявляется, когда в непосредственной близости к освещаемым памятникам, монументам, обелискам устанавливаются на опорах различные ОП установок НО. При различной цветности таких ОП и освещаемого объекта искажается его цветовое восприятие. Снижается художественный эффект и тогда, когда освещаемый объект расположен вблизи водоема и в последнем из-за неправильного размещения ОП их светящие элементы отражаются водной поверхностью.

Способы создания желаемых светотеней в установках архитектурного НО отличаются большим разнообразием, и в отношении их реализации могут быть даны лишь самые общие рекомендации. Так, при освещении фасадов зданий с выступающими вертикальными элементами их пластика выявляется при направлении световых пучков на них справа и слева таким образом, чтобы в сочетании с прямо падающим на них светом яркость каждой из трех граней выступов была различной. Такое решение в большинстве случаев достигается применением для бокового освещения ОП с концентрированным светораспределением, а для фронтального — с рассеянным. Если выступающие элементы расположены горизонтально с небольшим удалением от основной части фасада, то нежелательных глубоких теней удается избежать путем удаления ОП, равномерно освещающих фронт фасада. Когда выступающие части зданий имеют большие размеры (балконы, парапеты, лоджии и т. п.), рекомендуется дополнительно освещать фасадные части зданий, расположенные внутри этих устройств, ОП, устанавливаемыми на их выступающих частях или в специальных нишах. В заколонном пространстве должно создаваться автономное освещение стены, причем ее яркость должна превышать яркость фасада и колонн, которые в свою очередь должны мало различаться по яркости.

При освещении объектов, имеющих значительное остекление, а также облицованных материалами с направленно рассеянным отражением или гладкими блестящими материалами (гранит, глазурованная плитка, полированный мрамор и т. п.) размещение ОП должно исключать попадание зеркальных бликов в поле зрения наблюдателей.

Рекомендациями [44] предусмотрено, что монументы и памятники, имеющие самостоятельное архитектурное значение в окружающем ансамбле и многосторонний обзор, следует освещать с нескольких сторон с четко выраженным направлением освещения, определяющим главную вертикальную плоскость. Остальные памятники, как правило, должны освещаться со стороны основного направления наблюдения.

По мере усложнения требований к установкам архитектурного НО возрастает вероятность ошибок, если проектные решения принимаются только на основе элементарных расчетов. Поэтому рекомендуется в сложных случаях осуществлять физическое моделирование, в том числе способом вариаций размещения ОП для освещаемого объекта в натурных условиях. В первую очередь эта рекомендация относится к освещению памятников и монументов со скульптурами людей. Для освещения таких объектов, как правило, целесообразно размещать основные ОП на опорах, высота которых превышает высоту объектов в 1,5—2 раза. Для моделирования архитектурного НО могут быть также использованы методы плоского перспективного изображения в виде черно-белых или цветных рисунков, в виде рисунков с люминесцирующими красками с последующим подсветом изображения УФ источниками; применим также метод крупной диапроекции. Присущие этим методам недостатки (трудоемкость, условность в оценке восприятия) в известной мере устраняются при использовании полипроекционных установок (см. § 15.1), позволяющих в

относительно короткое время рассмотреть ряд вариантов и выбрать оптимальный.

Светотехнические расчеты установок архитектурного НО выполняются в зависимости от характера задачи разными методами. Исходными параметрами для таких расчетов являются нормируемые значения соотношения яркости объектов и фона и освещенности объектов, которые вынесены в приложение [44] и носят рекомендательный характер. Это означает, что если желаемый эффект в установке архитектурного НО достигается при уменьшенном значении количественных характеристик освещения, то такое положение не является недостатком ОУ. При проведении расчетов целесообразно первоначально исходить из данных, приведенных в табл. 15.7. Исходные значения яркости фона как параметра, связанного с категорией улиц и площадей, являются достаточно условными. Нормы [44] указывают на необходимость принимать для объектов, находящихся вне городской черты, расчетные значения яркости фона менее 1 кд/м², а если они наблюдаются с расстояния более 1 км (здания и сооружения) или обладают важными архитектурными деталями малых размеров, то нормируемую освещенность допускается увеличивать. Для памятников это указание важно в случаях, если их обзор производится с расстояния более 300 м. Если же памятники находятся вне городской черты или расположены на фоне открытого неба, зелени и тому подобного, то значения, приведенные в нормах, допускается уменьшать вдвое. Для объектов, расположенных вблизи зданий с большими светящимися поверхностями, принимаемая расчетная яркость фона должна быть более 5 кд/м².

Определение расчетного суммарного светового потока, необходимого для обеспечения принятой освещенности, затруднений не вызывает, если весь световой поток, излучаемый ОП, падает на освещаемую поверхность. Задача усложняется лишь необходимостью определять долю светового потока от каждого ОП и добиваться обеспечения необходимого распределения яркости или тенеобразующих эффектов.

В связи с тем, что светотехнические расчеты для объектов архитектурного НО, как правило, сопровождаются сопоставлением нескольких вариантов, а также учитывая, что они не являются типизированными, такие расчеты наиболее целесообразно выполнять на ЭВМ. Для простых случаев расчета или на первоначальной его стадии рекомендуется использовать составленные для этой цели таблицы. Некоторые полезные рекомендации приведены также в [15.18].

При расчетах следует учитывать, что для ОУ с ЛН и ГЛ принимаются одинаковые уровни освещенности и яркости, а значение коэффициента запаса равно соответственно 1,3 и 1,5, если установка рассчитана на ежедневную эксплуатацию и двухкратную очистку ОП в год. Необходимо при эксплуатации иметь в виду, что использование в архитектурном НО ОП с концентрированным светораспределением требует более частой чистки стекол, перекрывающих их выходные отверстия. Наличие на них пыли приводит к деформации КСС.

Светотехнические расчеты установок архитектурного НО, в которых ОП освещаются полированные или имеющие направленно-рассеянное отражение поверхности, должны проводиться известными методами геометрической оптики. При этом главная задача сводится к выбору размещения ОП, при котором их отражение не попадает в поле зрения наблюдателя. Отметим, что для углов падения света, меньших 45°, материалы с направленно-рассеянным отражением могут быть приняты за диффузные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

15.1. **Бухман Г. Б., Воронец Л. А.** Интерьер и проектирование освещения. — Киев: Будівельник, 1965. — 88 с.

15.2. **Кнорринг Г. М.** Светящие потолки, панели и полосы. — Светотехника, 1962, № 4, с. 6—17.

15.3. **Дамский А. И., Миронова В. А.** Искусственный свет в интерьере общественных зданий. — М.: Стройиздат, 1976. — 65 с.

15.4. **Матвеев А. Б.** Зависимость уровня яркости макета от яркости объекта. — Светотехника, 1962, № 2, с. 6—9.

15.5. **Матвеев А. Б., Тохадзе И. Л., Ундасынов Г. И.** Критерий подобия при воспроизведении яркостных соотношений. — Светотехника, 1968, № 11, с. 5—8.

15.6. **Котик Г. Г., Матвеев А. Б., Ундасынов Г. И.** Моделирование освещения при проектировании осветительных установок. — Светотехника, 1976, № 10, с. 24—27.

15.7. **Епанешников М. М.** Расчет осветительной установки и выбор светильника по заданному распределению яркости (светности) в поле зрения. — Светотехника, 1960, № 2, с. 4—8.

15.8. **Матвеев А. Б., Котик Г. Г.** Учет многократных отражений при проектировании осветительной установки по заданному распределению яркости. — Тр. МЭИ, 1976, вып. 289, с. 57—62.

15.9. **Принципы** освещения интерьеров административных зданий. Рекомендации. — М.: ВНИИТЭ, 1973, с. 42—43.

15.10. **Циперман Л. А.** Освещение здания Президиума Верховного Совета СССР. — Светотехника, 1973, № 1, с. 4—7.

15.11. **Епанешников М. М., Обросова И. А.** Исследование дискомфорта от световых потолков. — Светотехника, 1968, № 8, с. 1—5.

15.12. **Осветительная** установка с плоским световодом для выращивания сельскохозяйственных культур в помещениях без естественного света./Ю. Б. Айзенберг, Г. Б. Бухман, В. М. Леман и др. — Светотехника, 1978, № 5, с. 14—17.

15.13. **Дамский А. И.** Электрический свет в архитектуре города. — М.: Стройиздат, 1970 — 224 с.

15.14. **Гапонов С. И., Щербина Г. А.** Праздничное световое оформление городов. — Киев: Будівельник, 1976. — 156 с.

15.15. **Мироненков В. В., Петрова Н. Л.** Газосветные установки. Л.: Энергия, 1979. — 112 с.

15.16. **Беляева Е. Л.** Архитектурно-пространственная среда городов как объект зрительного восприятия. — М.: Стройиздат, 1977. — 126 с.

15.17. **Бухман Г. Б., Горбунов А. И.** Освещение нового монумента В. И. Ленина в Киеве. — Светотехника, 1980, № 2, с. 1—2.

15.18. **Методические** рекомендации по проектированию наружного архитектурного освещения зданий и сооружений. — М.: ЦНИЭП инженерного оборудования, 1977. — 30 с.

Раздел шестнадцатый

НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ГОРОДОВ И НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Основной задачей наружного освещения (НО) городов и других населенных пунктов, а также автострад является обеспечение безопасности движения механизированного транспорта и пешеходов в темное время суток.

Многочисленные работы и статистические данные показывают, что на хорошо освещенных улицах и автострадах число ночных дорожно-транспортных происшествий значительно меньше, чем на неосвещенных или плохо освещенных при прочих равных условиях. В международной практике принято считать, что хорошее НО позволяет снизить количество дорожно-транспортных происшествий на автострадах в темное время суток в среднем примерно на 30 % [16.1].

В отличие от многих зарубежных стран основой технической политики в нашей стране является плано-

мерное освещение всех улиц в городах и других населенных пунктах с использованием наиболее эффективных способов и средств. В настоящее время в Москве, Ленинграде, столицах союзных республик электрическим освещением оборудовано более 95 % всех улиц. При этом для НО центральных и транспортных магистралей этих городов использованы светильники с ГЛВД. Если в Москве в 1930 г. число световых точек составляло около 30 тыс. шт., то в настоящее время их количество превышает 160 тыс. шт. и около 95 % световых точек оборудовано ОП с ГЛВД (ДРЛ, НЛВД). Динамика развития установок НО Москвы представлена на рис. 16.1.

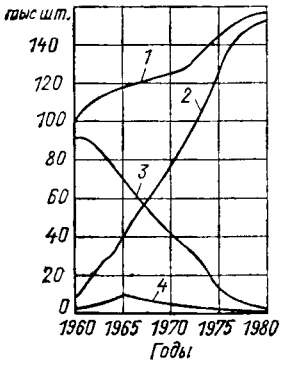


Рис. 16.1. Динамика развития наружного освещения Москвы.
1 — общее количество световых точек; *2* — количество световых точек с ГЛВД; *3* — то же с ЛН; *4* — прочие источники света.

16.1. НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОСВЕТИТЕЛЬНЫМ УСТАНОВКАМ

Установки стационарного НО улиц, дорог и автострад должны создавать необходимые условия ЗР водителей механизированного транспорта и пешеходов, обеспечивающие своевременное обнаружение препятствий. Водитель механизированного транспорта должен иметь возможность обнаружить препятствие на пути движения машины с расстояния в несколько десятков метров, а пешеход различить неровности тротуара и мостовой, увидеть ограждения и распознать встречных людей с расстояния в несколько метров.

Фотометрической характеристикой, определяющей уровень видимости объектов, является яркость дорожного покрытия. Для усовершенствованных дорожных покрытий (асфальт, бетон и т. д.) она в значительной степени зависит от углов падения света, состояния поверхности и т. д. В связи с этим яркость и освещенность покрытия не связаны прямой зависимостью, что не позволяет осуществлять прямое нормирование. Однако в случае простейших покрытий (грунт, щебень и т. д.), имеющих диффузный характер отражения, может быть применен метод нормирования по освещенности.

На основании исследований, проведенных ВНИСИ совместно с ЦНИИЭП инженерного оборудования городов и Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, разработан ряд нормативных документов, утвержденных Госстроем СССР [16.2, 16.3, 44].

В соответствии с этими документами НО улиц, дорог и площадей в городах и рабочих поселках, а также автомобильных дорог, являющихся продолжением городских улиц и имеющих аналогичные покрытия проезжей части и интенсивность движения транспорта, проектируется, исходя из условия обеспечения средней яркости дорожного покрытия согласно табл. 16.1. Освещение улиц, дорог и площадей населенных пунктов, расположенных в северной строительно-климатической зоне азиатской части СССР и севернее 65° с. ш. в европейской части СССР, следует проектировать, исходя из средней горизонтальной освещенности покрытий проезжей части согласно табл. 16.1. Освещение проезжей части улиц, дорог и площадей с покрытиями переходных и низших типов в городах и поселках регламентируется уровнем средней горизонтальной освещенности, которая для улиц, дорог и площадей категории Б должна быть 6 лк, для улиц и дорог категории В при переходном типе покрытий 4 лк, при покрытии низшего типа 2 лк.

Средняя горизонтальная освещенность дорожного покрытия проезжей части городских транспортных тоннелей принимается по табл. 16.2.

Таблица 16.1. **Нормируемые значения средней яркости дорожного покрытия и средней горизонтальной освещенности для улиц, дорог и площадей различных категорий**

Категория	Улицы, дороги и площади	Наибольшая интенсивность движения транспорта в обоих направлениях, ед/ч	Средняя яркость дорожного покрытия, кд/м²	Средняя горизонтальная освещенность покрытия, лк
А	Скоростные дороги*, магистральные улицы общегородского значения; площади** главные, вокзальные, транспортные, предмостовые и многофункциональных транспортных узлов	>3000	1,6	20
		1000—3000	1,2	20
		500—1000	0,8	15
		<500	0,6	15
Б	Магистральные улицы районного значения, дороги грузового движения (общегородского значения), площади перед крупными общественными зданиями и сооружениями (стадионами, театрами, выставками, торговыми центрами, колхозными рынками и другими местами массового посещения)	>2000	1,0	15
		1000—2000	0,8	15
		500—1000	0,6	10
		<500	0,4	10
В	Улицы и дороги местного значения: жилые улицы, дороги промышленных и коммунально-складских районов, населенные улицы и дороги	≥500	0,4	6
		<500	0,2	4
	Поселковые улицы, площади перед общественными зданиями и сооружениями поселкового значения	—	—	4

* Средняя яркость для скоростных дорог принимается равной 1,6 кд/м² независимо от интенсивности движения транспорта.
** Среднюю яркость или среднюю освещенность покрытия проезжей части в границах транспортного пересечения в двух или более уровнях следует принимать такой же, как для освещения основной магистрали, на которой она расположена.

Таблица 16.2. **Нормируемые значения средней освещенности для транспортных туннелей**

Режим освещения	Средняя горизонтальная освещенность, лк, на расстоянии от въездного портала, м					
	5	25	50	75	100	125 и более
Дневной:						
для туннелей длиной до 100 м*	1000	750	500	200	50	—
для туннелей длиной более 100 м	1000	750	500	300	150	50
Вечерний и ночной	60	60	60	60	60	60

* Для туннелей длиной до 60 м с прямолинейной трассой НО следует проектировать по нормам для вечернего режима освещения.

Таблица 16.3. **Минимально допустимая высота установки светильников в зависимости от их светораспределения**

КСС по ГОСТ 13828-74	Наибольший световой поток ламп в светильниках, устанавливаемых на одной опоре, лм	Наименьшая высота установки светильников, м, при	
		ЛН	ГЛ
Полу-широкая	Менее 5000	6,5	7,0
	От 5000 до 10 000	7,0	7,5
	Более 10 000 до 20 000	7,5	8,0
	Более 20 000 до 30 000	—	9,0
	Более 30 000 до 40 000	—	10,0
	Более 40 000	—	11,5
Широкая	Менее 5000	7,0	7,5
	От 5000 до 10 000	8,0	8,5
	Более 10 000 до 20 000	9,0	9,5
	Более 20 000 до 30 000	—	10,5
	Более 30 000 до 40 000	—	11,5
	Более 40 000	—	13,0

Отношение максимальной яркости покрытий проезжей части улиц, дорог и площадей к минимальной L_{max}/L_{min} не должно превышать 3:1 при норме средней яркости более 0,6 кд/м² и 5:1 при норме средней яркости 0,6 кд/м² и менее. Отношение максимальной освещенности к средней $E_{max}/E_{ср}$ не должно превышать 3:1 при норме средней освещенности более 6 лк, 5:1 при норме средней освещенности от 4 до 6 лк и 10:1 при норме средней освещенности менее 4 лк.

Для улиц и площадей категорий А и Б регламентируемый показатель ослепленности ОУ не должен превышать 150. Для ОУ улиц и дорог категории В, а также для ОУ, нормируемых по средней освещенности, минимальная высота расположения ОП ограничивается, исходя из условий ограничения ослепленности (табл. 16.3). Венчающие светильники рассеянного света должны устанавливаться на высоте не менее 3 м над уровнем земли при световом потоке лампы до 6000 лм и на высоте не менее 4 м при ее световом потоке более 6000 лм.

16.2. ИСТОЧНИКИ СВЕТА

Для НО применяется широкая номенклатура ИС (ЛН, ГЛН, ДРЛ, МГЛ, НЛВД, ДКсТ).

Выбор ИС для установки НО основан, главным образом, на выполнении требований экономичности установки и правильной цветопередачи.

Анализ затрат на оборудование и эксплуатацию установок НО показывает, что их главную часть составляет стоимость электрической энергии, а она в основном определяется световой отдачей источников света и рациональным использованием светового потока. Экономичность ОУ зависит также от срока службы ИС и их стоимости. Возможность рационального перераспределения светового потока различных ИС неодинакова, поэтому требования к оптической части ОП и их стоимость могут существенно отличаться. Стоимость ОП значительно зависит от используемого ПРА.

На рис. 16.2 представлены результаты многовариантного расчета приведенных годовых затрат при условном изменении световой отдачи ИС, их стоимости и срока службы, а также различной стоимости светильников при обеспечении нормируемого уровня яркости дорожного покрытия, равного 1 кд/м². Из него видно, что ОУ с НЛВД имеют наименьшие удельные приведенные затраты, что позволяет сделать вывод об эффективности использования указанных ламп в установках НО.

Специальные требования к цветопередаче предъявляются в городах в местах массового пребывания людей. Основным критерием оценки пешеходом световой среды является качество цветопередачи человеческого лица. Проведенные во ВНИСИ исследования позволили установить шкалу субъективных оценок качества цветопередачи при сумеречных условиях наблюдения

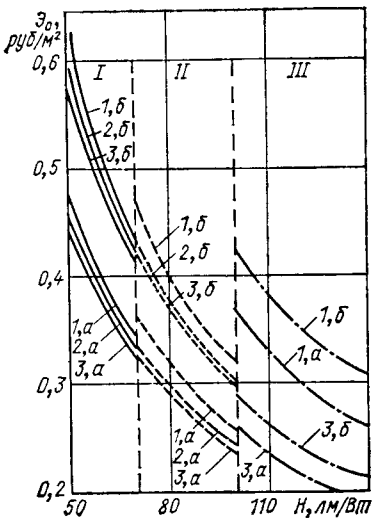


Рис. 16.2. Приведенные годовые затраты $Э_0$ в зависимости от световой отдачи источника света H, срока службы ламп $T_л$, стоимости светильников $K_с$ ($L_{ср}$ = =1 кд/м²).

I — лампы типа ДРЛ; *II* — МГЛ; *III* — НЛВД; *1* — $T_л$=5000 ч; *2* — $T_л$= =10 000 ч; *3* — $T_л$= =15 000 ч; *а* — $K_с$= =20 руб; *б* — $K_с$ =100 руб.

и использовании в установках НО различных ИС. Цветопередача оценивается по шкале в зависимости от типа ИС и соотношения их световых потоков (в качестве эталона принята цветопередача при освещении ЛН):

«отлично» — МГЛ 100 %;

«хорошо» — НЛВД 60 % и ДРЛ 40 %;

«удовлетворительно» — НЛВД 100 %, ДРЛ 100%, МГЛ 60 % и НЛНД 40 %;

«неудовлетворительно» — НЛНД 100 %.

Рекомендации по применению различных источников света или их сочетаний для освещения проезжей части улиц и площадей, а также зон массового нахождения людей приведены в табл. 16.4.

Таблица 16.4. **Источники света, рекомендуемые для освещения улиц различных категорий**

Категория	Тип ИС, яркость покрытия L	
	Проезжая часть улиц и площадей	Зона массового нахождения людей
А	НЛВД, ДРЛ, L=1,2÷ ÷1,6 кд/м²	МГЛ
	ДРЛ, L=0,8÷1,2 кд/м²	ГЛН
Б	НЛВД, ДРЛ, L=1,0 кд/м²	МГЛ, ЛН, ГЛН
	ДРЛ, L=0,6÷0,8 кд/м²	ДРЛ совместно с НЛВД
В	НЛВД, ДРЛ, ЛН, L=0,2÷ ÷0,4 кд/м²	МГЛ, ЛН

16.3. ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Высокий технический уровень и качество НО при одновременном экономном расходовании электрической энергии обеспечивается широким ассортиментом специальных ОП (табл. 16.5).

Таблица 16.5. **Осветительные приборы, рекомендуемые для освещения улиц, дорог и площадей различных категорий (по типу ИС и световому потоку светильника)**

Источник света	Световой поток светильника $\Phi_{св}$, лм				
	2500—6000	6000—12 000	12 000—24 000	24 000—40 000	40 000—100 000
	Средняя яркость дорожного покрытия $L_{ср}$, кд/м²				
	0,2—0,4	0,4—0,8	0,6—1,0	0,8—1,2	1,0—1,6
ЛН ДРЛ	Улицы категории В, внутриквартальные проезды, козырьки подъездов, подземные пешеходные переходы	— Улицы категорий Б и В	— Улицы категории Б	— Улицы категорий А и Б	— Улицы категории А
МГЛ	Улицы с повышенными архитектурными требованиями, парковые аллеи, скверы, пассажирские открытые платформы, подземные пешеходные переходы		Улицы и площади с повышенными архитектурными требованиями, привокзальные площади		Городские открытые пространства, прилегающие к архитектурным и спортивным комплексам, культурно-торговым центрам
НЛВД	Проезжая часть улиц и площадей категорий Б и В, автомобильные стоянки		Проезжая часть улиц и площадей категорий А и Б, транспортные туннели		Проезжая часть площадей, автострад, транспортных развязок, а также улиц категории А

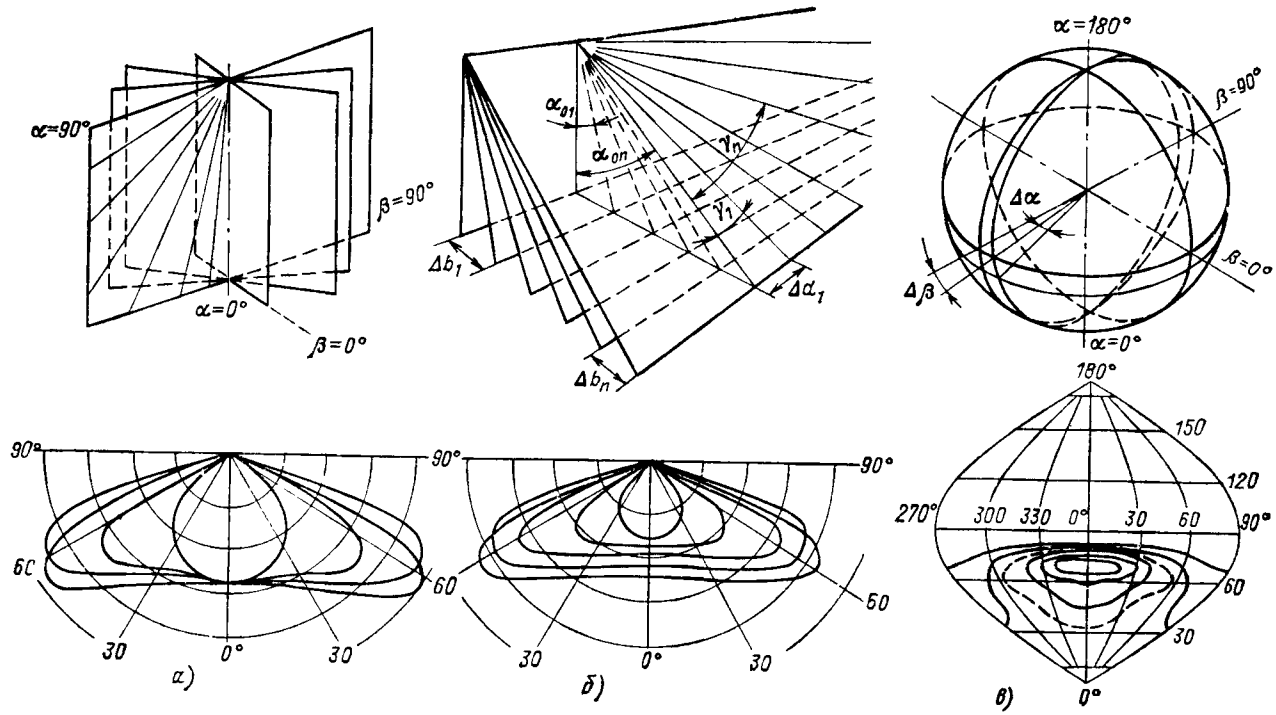
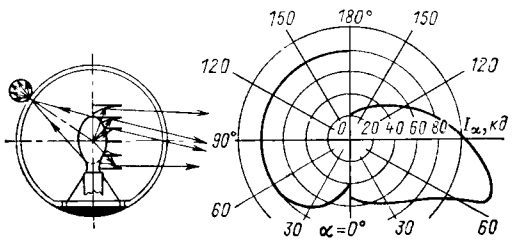
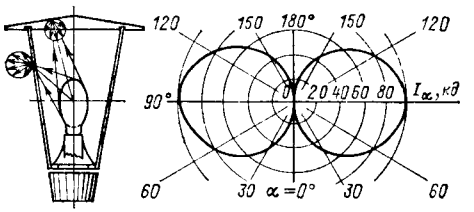
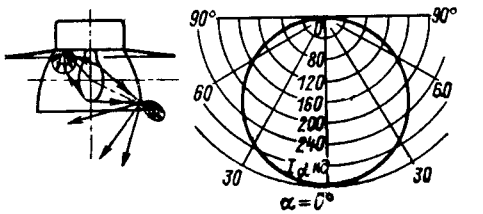
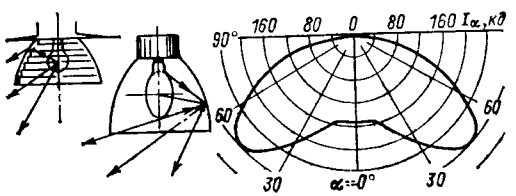
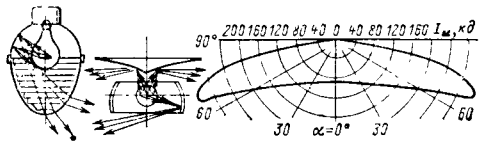
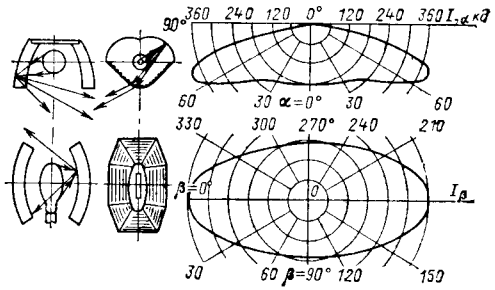
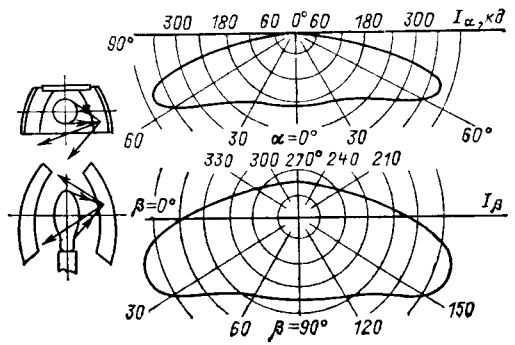


Рис. 16.3. К представлению фотометрического тела ОП.

Оптические схемы, наиболее часто используемые в ОП, предназначенных для НО и КСС светильников ($\Phi_л = 1000$ лм), представлены в табл. 16.6. Графически фотометрическое тело ОП представляется семейством КСС в сечениях, образованных меридиональными $I(\alpha, \beta)$ (рис. 16.3, *а*) или наклонными плоскостями, линия пересечения которых проходит через центр ОП параллельно оси дороги, $I(\alpha_0, \gamma)$ (рис. 16.3, *б*), или в виде кривых равных значений силы света на синусоидальной сетке координат (рис. 16.3, *в*). Исключение составляют лишь осесимметричные ОП, фотометрическое тело которых может быть представлено КСС в одной меридиональной плоскости.

Совокупность кривых силы света в меридиональных плоскостях более удобна для расчета оптической части, так как позволяет определить меридиональную плоскость расположения максимальной силы света, относительно которой в первую очередь рассчитывается оптическая часть ОП. Представлять светораспределение ОП в наклонных сечениях более удобно при расчетах количественных и качественных показателей ОУ.

Согласно международной классификации по характеру светораспределения для углов $\alpha > 70°$ и направлению максимальной силы света типовые КСС в вертикальной плоскости для ОП утилитарного НО разделяются на три группы: ограниченного, полуограниченного и неограниченного светораспределения (рис. 16.4).

Кривая силы света, номер ГОСТ	Оптическая схема	Кривые силы света в главной вертикальной и горизонтальной (ГОСТ 1045-75) плоскостях
Светильники с осесимметричным фотометрическим телом		
Равномерная, 13828-74		
Синусная, 13828-74		
Косинусная, 13828-74		
Полушнрокая, 13828-74		
Широкая, 13828-74		
Светильники с фотометрическим телом с двумя плоскостями симметрии		
Полушнрокая, широкая, 8045-75		
Светильники с фотометрическим телом с одной плоскостью симметрии		
Полушнрокая, широкая, 8045-75		

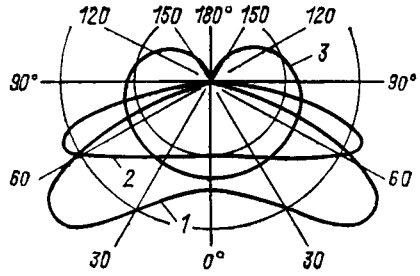


Рис. 16.4. Международная классификация светильников по светораспределению.

1 — ограниченное светораспределение; *2* — полуограниченное; *3* — неограниченное.

Светораспределение светильников, наилучшим образом удовлетворяющее светотехническим требованиям ОУ, принято называть эффективным или образцовым.

Формирование образцовых (эффективных) КСС светильников утилитарного НО связано с решением системы уравнений, составленных исходя из условия заданного фиксированного пространственного размещения светильников относительно рабочей (освещаемой) поверхности и их совокупного действия, наилучшим образом обеспечивающего количественные (средняя горизонтальная освещенность $E_{г.ср}$, средняя яркость дорожного покрытия $L_{ср}$) и качественные (коэффициент неравномерности распределения освещенности $E_{max}/E_{ср}$, коэффициент неравномерности распределения яркости L_{max}/L_{min}, показатель ослепленности P) показатели установок НО.

Расчетные исследования подтверждают, что $L_{ср}$ и L_{max}/L_{min} (или $E_{ср}$ и $E_{max}/E_{ср}$) при совместном действии ОП в основном определяется формой КСС в интервале углов $\alpha=0\div80°$ и практически не зависит от значений силы света в направлениях $\alpha\geqslant80°$; вместе с тем слепящее действие светильников НО наряду с другими факторами зависит от значений силы света в зоне $\alpha\geqslant75°$, что дает основание формировать образцовое светораспределение ОП для НО в двух диапазонах углов α, ориентирующих направления силы света в любой меридиональной плоскости или в плоскости главного сечения.

Для диапазона $\alpha=0\div80°$ в качестве критерия оценки характера светораспределения принимается уровень неравномерности распределения яркости или горизонтальной освещенности по поверхности покрытия, а значения силы света определяются системой уравнений для каждой меридиональной плоскости или плоскости наклонного сечения ($\alpha_0=\text{const}$; $\gamma=\text{var}$) [16.4].

Для определения значений силы света в диапазоне $\alpha=75\div90°$ в качестве критерия используется показатель ослепленности ($P\leqslant150$). Поскольку P зависит не только от силы света в указанном диапазоне α, но и от нормируемого значения $L_{ср}$, высоты установки ОП, спектрального состава источников света и т. д., расчет значений силы света при $\alpha=75\div90°$ для случая образцового (эффективного) светораспределения производится с учетом этих факторов для наихудшего случая. Согласно требованиям стандартов [16.5, 16.6] с целью ограничения слепящего действия светильников регламентируются значения силы света ОП с широкой и полушироКой КСС с условной лампой, световой поток которой равен 1000 лм, в диапазоне углов $\alpha=75\div90°$ от вертикали в главной поперечной плоскости.

Допустимые значения силы света в зоне углов $\alpha=75\div90°$

α	75°	80	85	90°
Сила света*, кд	200/200	80/50	25/15	20/0

* В числителе дано значение для ДРЛ, в знаменателе — для МГЛ и НЛВД.

Характерной особенностью ОП утилитарного НО с новыми источниками света — лампами типа МГЛ и НЛВД, имеющими сравнительно небольшие поперечные

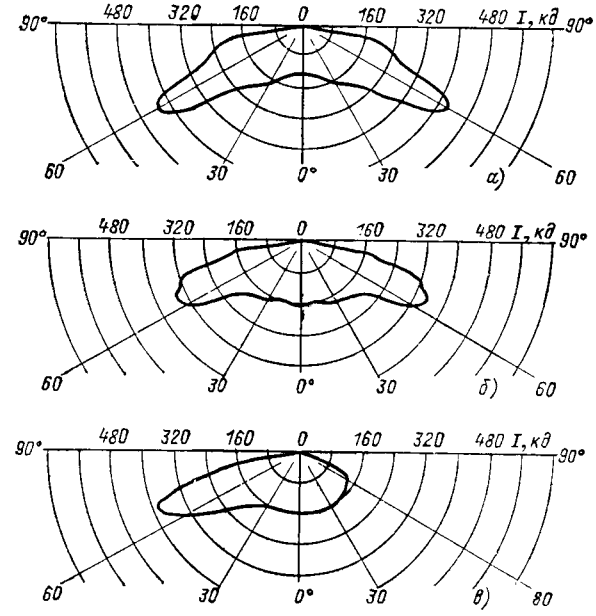


Рис. 16.5. Типовые кривые силы света, обеспечивающие равномерное распределение освещенности дорожного покрытия (*а*); равномерное распределение яркости дорожного покрытия при двухстороннем (*б*) и при одностороннем (*в*) направлении линии зрения ($\Phi_л=1000$ лм).

размеры светящего тела, является возможность обеспечения широкого ограниченного светораспределения с резким спадом значений силы света в диапазоне углов $\alpha>75°$, что позволяет резко снизить слепящее действие ОУ.

Для каждого заданного взаимного расположения ОП, исходя из условия их совместной работы, может быть определено образцовое (эффективное) светораспределение, при этом характер КСС в диапазоне $\alpha=0\div80°$ в значительной степени зависит от того, какой количественный показатель ($L_{ср}$ или $E_{г.ср}$) взят за основу для формирования светораспределения (рис. 16.5). Для примера на рис. 16.6 приведено семейство КСС, обеспечивающих равномерное распределение яркости дорожного покрытия при низком показателе ослепленности ($P<50$).

Качество оптических элементов ОП и их стабильность в период эксплуатации регламентированы стандартом [16.5]. Так, коэффициент пропускания преломлятелей в зоне, свободной от призм, а также прозрачных защитных стекол должен быть не ниже 0,85, а рассеивателей соответствовать требованиям стандарта [16.7].

В качестве материалов для преломлятелей, рассеивателей и прозрачных защитных стекол в ОП для НО

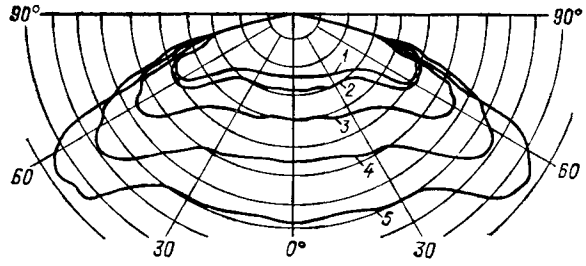


Рис. 16.6. Семейство КСС полуограниченного светораспределения

1 — β=0; *2* — 26,6; *3* — 36,9; *4* — 45; *5* — β=51,3°.

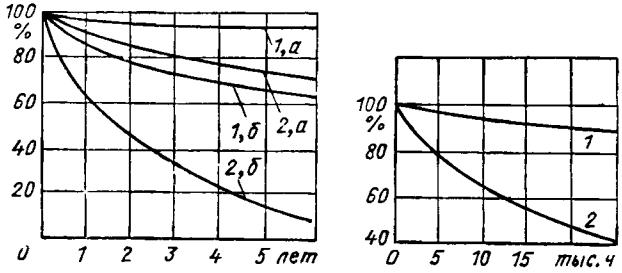


Рис. 16.7. Снижение светового потока светильника (в процентах начального) в зависимости от времени эксплуатации.

1 — закрытые светильники; *2* — открытые; *а* — в чистой атмосфере (содержание пыли 0—150 мг/м³); *б* — в сильно загрязненной атмосфере (600—1200 мг/м³).

Рис. 16.8. Снижение светового потока светильника (в процентах начального) в зависимости от времени эксплуатации.

1 — светильник с фильтром; *2* — без фильтра.

используются термостойкое силикатное стекло; глушеное стекло, в том числе молочное накладное; стабилизированный светотехнического назначения поликарбонат и другие полимерные материалы.

Интегральный коэффициент отражения зеркальных отражателей или вставок должен быть не ниже 0,80, а диффузных — не ниже 0,75. Эти требования выполняются при применении альзакированных, термически объярченных или алюминированных в вакууме отражателей.

Коэффициенты отражения и пропускания оптических элементов не должны изменяться более чем на 5 % после 500 ч эксплуатации светильников. Отечественные и зарубежные исследования указывают на эффективность как применения конструктивных средств защиты оптических систем (защитных колпаков с уплотняющими прокладками из резины, фетра, войлока и т. п.), так и использования фильтров, задерживающих пыль и вредные газы, и мембран, уравновешивающих давление во внутренней полости светильника и вне ее при нагреве и остывании ОП (рис. 16.7, 16.8).

Увеличение коэффициента использования светового потока ИС осуществляется с помощью регулируемых оптических систем ОП. Оно состоит в изменении взаимного расположения элементов системы, а также положения ИС (рис. 16.9). Это позволяет использовать в одном ОП различные по типу и мощности ИС, изменять в определенных пределах КСС. Регулируемые оптические элементы являются основой для создания унифицированных серий ОП многоцелевого назначения. В многоламповых ОП, устанавливаемых на высоких (30—50 м) и средних (20—25 м) опорах НО, требуемое перераспределение светового потока достигается благодаря локальной установке оптических элементов и обеспечению возможности их разворота в горизонтальной (±180°) и вертикальной (±30°) плоскостях (рис. 16.10).

Для включения ОП с ГЛВД наряду с дросселем используются также импульсное зажигающее устройство и компенсирующие конденсаторы (рис. 16.11). Как правило, ПРА в светильниках НО встраивается в его внутреннюю полость и составляет с ним единую конструкцию.

Для светильников НО приняты следующие степени защиты: IP23, IP53, IP55 и IP65.

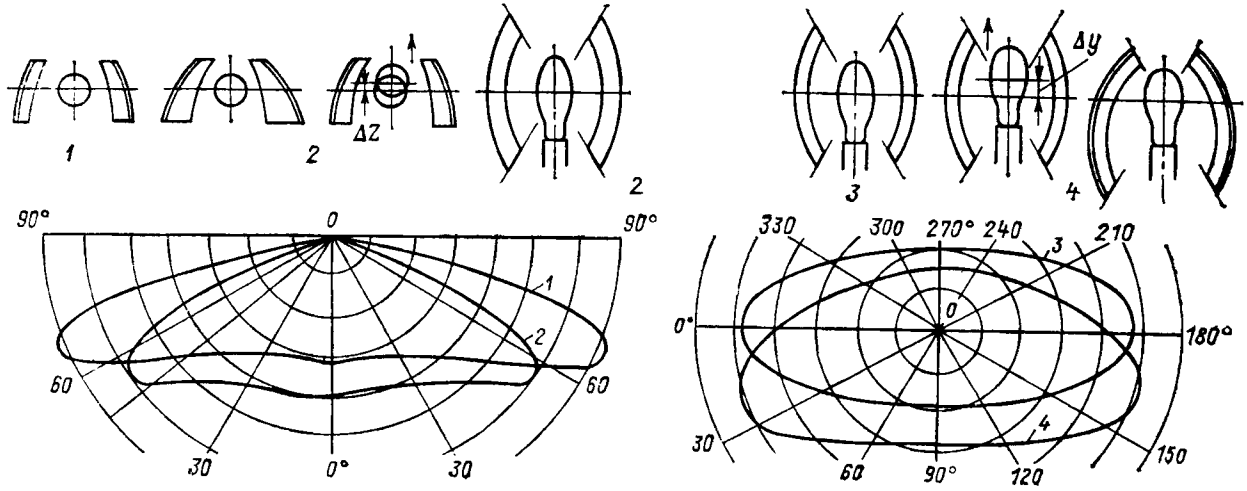


Рис. 16.9. Изменение светораспределения с помощью регулируемой оптической системы.

1 — ось ИС совпадает с горизонтальной осью оптической системы; *2* — ось ИС смещена относительно оптической оси или изменены углы наклона активных поверхностей отражателя; *3* — поверхности оптической системы в горизонтальной плоскости расположены симметрично относительно светящего тела ИС; *4* — ось ИС смещена относительно оптической оси или активные поверхности оптической системы развернуты относительно продольной вертикальной плоскости.

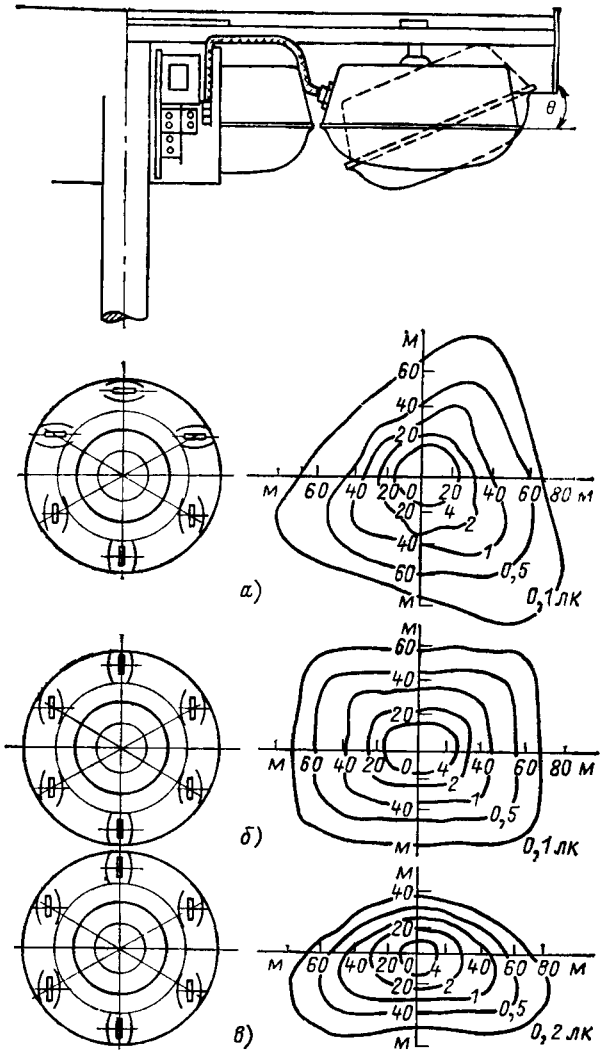


Рис. 16.10. Кривые равной освещенности, создаваемой многоламповой системой при различном расположении ее оптических элементов (высота установки 20 м; коэффициент запаса 1,5; система имеет шесть светильников полуограниченного широкого светораспределения с лампами типа ДНаТ400).

а — θ=20°, оси светильников развернуты на 90° в горизонтальной плоскости; *б* — θ=20°, оси светильников развернуты на 180° в горизонтальной плоскости; *в* — θ=0°, оси приборов направлены в одну сторону.

Подвесные светильники, отличающиеся светораспределением от круглосимметричного, должны иметь обозначение на корпусе или на преломляте, указывающее их ориентировку относительно проезжей части улиц и площадей.

Конструктивные требования к ОП определяют их климатическое исполнение и категорию размещения (см. разд. 5 и [16.8]): для умеренного климата, для условий Крайнего Севера и для тропиков (У, ХЛ и Т соответственно). Кроме того, допускается по требованию заказчика изготавливать ОП в климатическом исполнении У, но для диапазона температур от —25 до +40 °С. В дополнение к указанным в разд. 5 условиям, при которых светильники НО должны сохранять свои параметры в пределах норм, необходимо учитывать следующие дополнительные факторы: тип атмосферы II [сернистый газ 4—200 мг/(м²·сут); хлористые соли 0,3—2 мг/(м²·сут)]; дождь с верхним значением интенсивности 3 мм/мин для исполнений У, ХЛ и 5 мм/мин для исполнения Т; солнечная радиация с верхним значением интегральной плотности теплового потока 1125 Вт/м², в том числе плотностью УФ области спектра (λ=280÷400 нм) 42 Вт/м²; пыль с размером частиц не более 200 мкм, летящих со скоростью 15 м/с (динамическое воздействие).

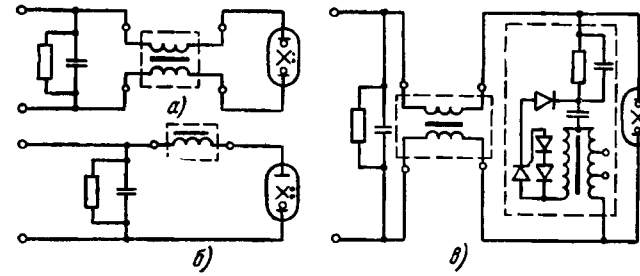


Рис. 16.11. Принципиальные электрические схемы ОП с ГЛВД для НО.

а — схема включения лампы ДРЛ с дросселем с симметричными обмотками; *б* — то же с дросселем с одной обмоткой; *в* — схема включения ламп типов ДНаТ и ДРИ с импульсным зажиганием.

Группа условий эксплуатации светильников НО определяется ГОСТ 17516-72 и указывается в стандартах или технических условиях на конкретные типы ОП. В зависимости от испытываемой светильником нагрузки — вибрации, ударов и т. п. (см. разд. 5) соответственно принимается группа условий эксплуатации М2, М3, М4 или М5.

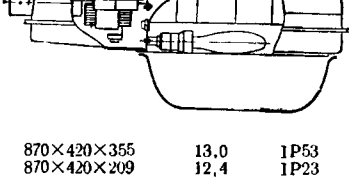
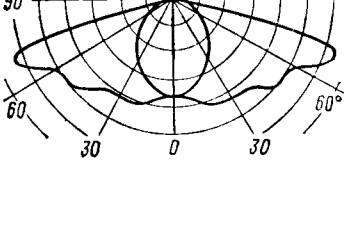
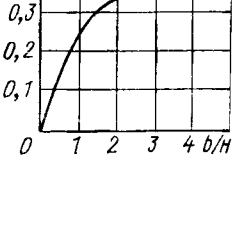
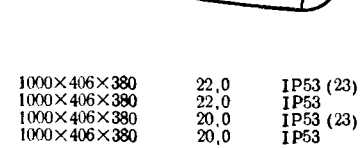
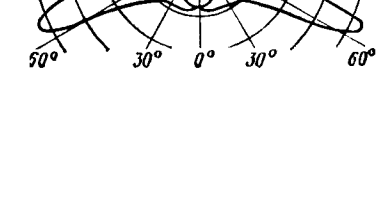
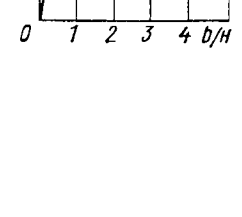
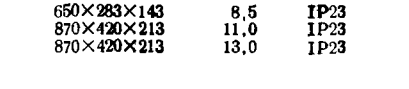
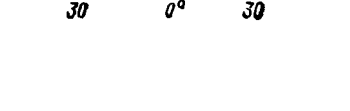
Узлы крепления ОП должны выдерживать в течение 1 ч без повреждений и остаточных деформаций, видимых невооруженным глазом, статическую нагрузку, равную пятикратной массе светильника, но не менее 100 Н. Узлы крепления консольных светильников должны выдерживать изгибающий момент, равный произведению пятикратной массы светильника на длину кронштейна, но не менее 2,5 Н·м. Узлы крепления консольных светильников должны выдерживать вращательный момент не менее 10 Н·м. Подвесные ОП с одним узлом крепления должны выдерживать без повреждений и остаточных деформаций крутящий момент не менее 2,5 Н·м, приложенный к светильнику в плоскостн, перпендикулярной оси подвеса.

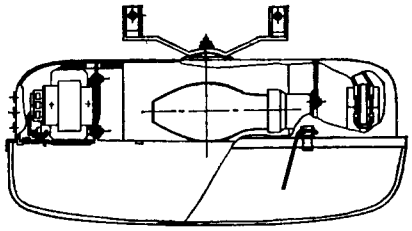
На рис. 16.12 дан один из вариантов общей компоновки комплектующих элементов в консольном ОП для НО.

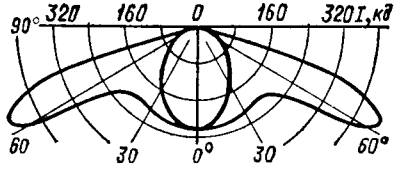
В табл. 16.7 приведены внешний вид и эскизный чертеж, а также основные технические характеристики отдельных типов светильников отечественного производства.

Выбор светильников НО производится в соответствии с техническим заданием на проектирование и с учетом генплана объекта. В зависимости от значимости освещаемого объекта и интенсивности движения определяется нормируемое значение $L_{ср}$, с учетом размеров освещаемой поверхности и выбранного способа размещения ОП устанавливаются их светораспределение, тип и мощность используемого источника света. При выборе типа и мощности источника света для НО необходимо учитывать спектральный состав излучения (см. § 16.2), а также определять экономическую целесообразность его применения в ОУ.

Таблица 16.7

Внешний вид, обозначение	Эскиз, габаритные размеры, мм, масса, кг, степень защиты			Кривые силы света (Фл=1000 лм)***	Коэффициент использования по освещенности***
1	2			3	4
					
Рис. П.30, *а*					
ЖКУ01-400-001-У1	870×420×355	13,0	IP53		
ЖКУ01-400-002-У1	870×420×209	12,4	IP23		
					
Рис. П.30, *б*					
ЖКУ02-400-001(002)-У1	1000×406×380	22,0	IP53 (23)		
ГКУ02-250-001-У1	1000×406×380	22,0	IP53		
РКУ02-400-002(001)-У1	1000×406×380	20,0	IP53 (23)		
РКУ02-250-001-У1	1000×406×380	20,0	IP53		
					
Рис. П.30, *в*					
РКУ01-125-008-У1	650×283×143	8,5	IP23		
РКУ01-250-007(009)-У1	870×420×213	11,0	IP23		
РКУ01-400-006(010)-У1	870×420×213	13,0	IP23		





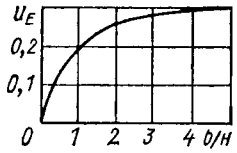
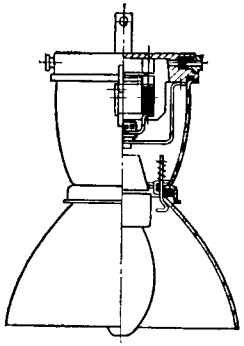
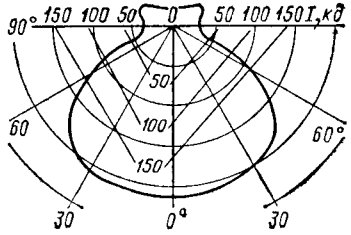


Рис. П.30, *а*

РСУ05-250-001(003)-У1	640×320×290	12,0	IP53 (23)
ГСУ05-250-001(003)-У1	640×320×290	12,0	IP53 (23)
ЖСУ05-250-001(003)-У1	640×320×290	13,0	IP53 (23)





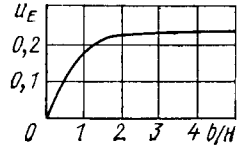
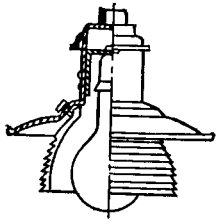
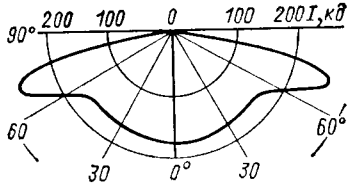


Рис. П.30, *д*

СПОР-250-У1	350×460	12,0	IP23
СПОГ-250-У1	350×460	12,0	IP23





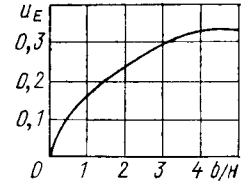
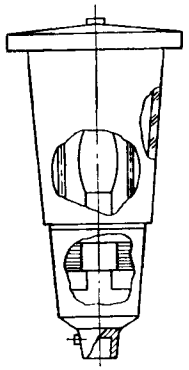
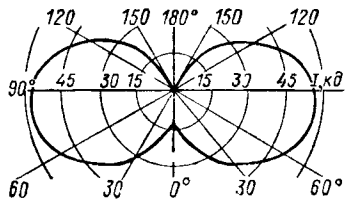
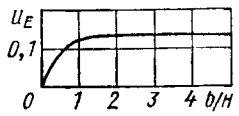
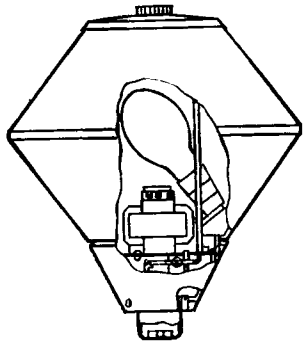
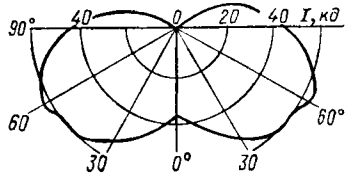
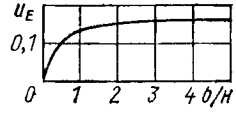
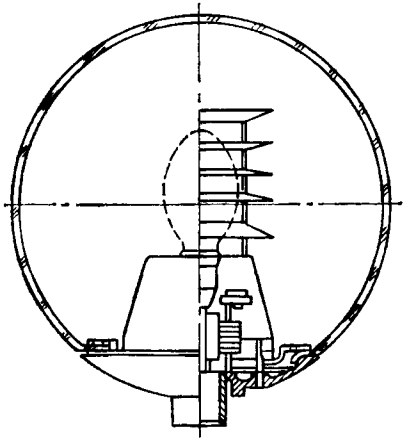


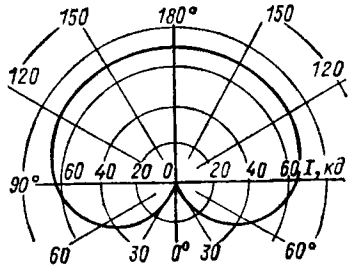
Рис. П.30, *е*

СПО-200-1-У1	330×270	2,2	IP23
СПО-200-2-У1	330×300	2,3	IP23
СПО-200-3-У1	330×315	3,0	IP23

Продолжение табл. 16.7

Внешний вид, обозначение	Эскиз, габаритные размеры, мм, масса, кг, степень защиты	Кривые силы света (Фл=1000 лм)***	Коэффициент использования по освещенности***
1	2	3	4
Рис. П.30, ж РТУ02-250-008-У1	 520×780 11,9 IP53		
Рис. П.30, з РТУ01-125/С53-01-У1 РТУ01-125/С53-02-У1	 426×530 7,0 IP53 434×470 7,2 IP53		





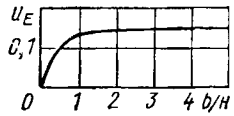
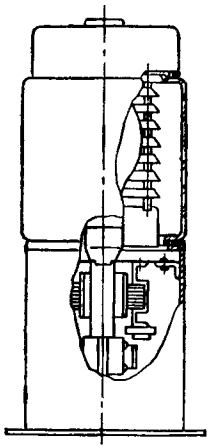
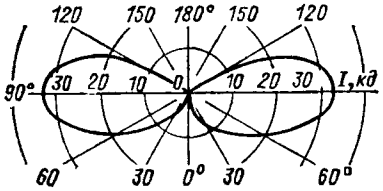


Рис. П.30, *и*

РТУ04-125-...-У1* 450×450 8,5—11,5 IP53





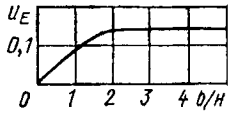


Рис. П.30, *к*

РТУ05-125-...-У1** 300×1000 (750, 500) 8,5—13,5 IP53

* Количество типоразмеров определяется формой и материалом рассеивателей.

** Количество типоразмеров определяется высотой светильников (1000, 750, 500 мм), а также исполнением рассеивателя (прозрачное или молочное накладное силикатное стекло).

*** Данные могут изменяться в процессе совершенствования конструкций светильников и технологии их производства.

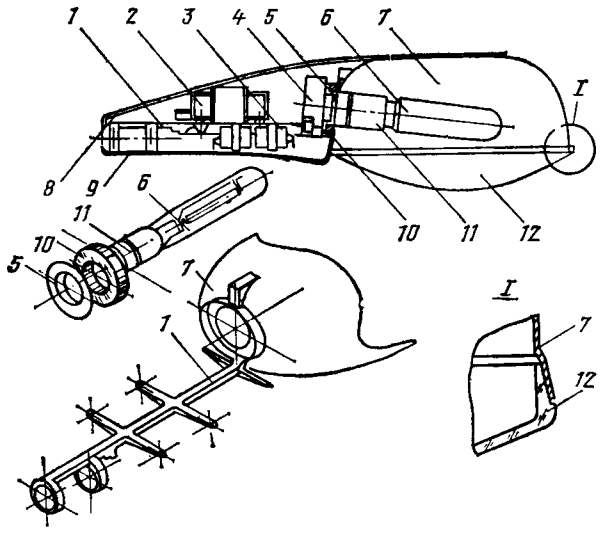


Рис. 16.12. Общая компоновка комплектующих изделий в консольном светильнике.

1 — несущий остов; *2* — дроссель; *3* — компенсирующие конденсаторы; *4* — импульсное зажигающее устройство; *5* — фланец; *6* — источник света; *7* — корпус-отражатель; *8, 9* — кожух отсека ПРА; *10* — фильтр-прокладка; *11* — ламповый патрон; *12* — защитное стекло.

16.4. СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ

Для освещения улиц, дорог, площадей, мостов и транспортных развязок применяются следующие системы освещения: обычная, когда ОП устанавливаются на опоре или подвешиваются на тросе на высоте 6—15 м; промежуточная, когда высота установки ОП на опоре составляет около 20 м; на высоких опорах, когда ОП монтируются на опоре высотой 30—50 м; продольно-подвесная, в которой осуществляется подвеска ОП вдоль улицы или дороги на тросе над резервной зоной или разделительной полосой; парапетная, использующая возможность монтажа ОП в виде светящей линии, располагаемой в перилах или ограждениях на высоте около 1 м от поверхности земли; настенная, когда ОП размещаются на стенах или крышах зданий, образующих улицу или площадь.

В табл. 16.8 приведены основные схемы расположения ОП, применяемые в наиболее распространенной обычной системе освещения. На очень широких улицах может использоваться и четырехрядная схема расположения светильников, представляющая собой совокупность схем 3 и 5. Кроме того, для отдельных случаев могут быть рекомендованы опоры с двухэлементными кронштейнами, смонтированными на разной высоте, и с различными типами светильников, освещающих проезжую часть и тротуар (схема 7).

На закруглениях улиц и дорог с радиусом кривизны в плане по оси проезжей части 60—250 м ОП при одностороннем расположении должны размещаться по внешней стороне улицы (рис. 16. 13, *а*), а в случае необходимости размещения опор по внутреннему радиусу они должны устанавливаться с шагом $d=0{,}55\ H$.

При освещении железнодорожных переездов и пешеходных переходов, находящихся на одном уровне, ОП, как правило, должны располагаться по схемам, приведенным на рис. 16.13, *б, в*.

Пересечения улиц и дорог, расположенные на одном уровне, следует оборудовать ОП, устанавливаемыми по схемам, указанным на рис. 16. 13, *г—е*.

Промежуточная система НО применяется в основном для освещения автострад. Так, например, освещена автострада, соединяющая г. Тбилиси с аэропортом: светильники с двухэлементными кронштейнами установлены на высоте 20 м в резервной зоне через каждые 75 м.

Высокомачтовая система используется, как правило, при НО сложных транспортных пересечений, а также больших площадей и стоянок автомашин. В этих случаях на стальных или железобетонных опорах высотой 30—50 м монтируется специальное устройство, предназначенное для размещения ОП. Устройство может опускаться и подниматься при помощи, например, лебедки, что позволяет осуществлять непосредственно на земле монтаж и чистку ОП, замену ламп и др.

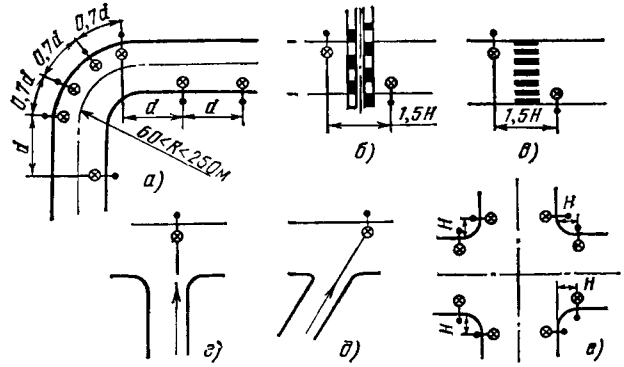


Рис. 16.13. Схемы размещения светильников.

а — на закруглениях улиц или дорог; *б* — на железнодорожных переездах; *в* — на пешеходных переходах; *г, д* — на примыканиях; *е* — на перекрестках; *d* — шаг светильников; *H* — высота установки светильников; *R* — радиус кривизны.

Продольно-подвесная система предусматривает размещение светильников вдоль разделительной полосы автострад. При этом расстояние между опорами с продольным несущим тросом составляет 70—80 м, а расстояние между светильниками не превышает 9—10 м.

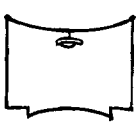
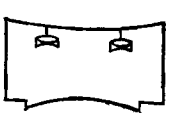
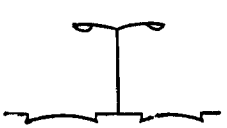
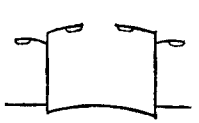
Парапетная система была впервые использована для освещения спусков сложных транспортных узлов, однако теперь она применяется на отдельных участках автострад, где установка опор по каким-либо причинам невозможна.

16.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Проектирование освещения улиц, дорог и автострад состоит из светотехнической и электротехнической частей, а также предусматривает технико-экономическое сопоставление вариантов ОУ. Общие вопросы проектирования ОУ рассмотрены в разд. 10, ниже приводятся лишь специфические особенности проектирования установок НО.

Светотехническая часть проекта предусматривает определение нормируемых значений средней яркости дорожных покрытий (средней горизонтальной освещенности) в соответствии с данными, приведенными в

Таблица 16.8

Наименование схемы	Схема	Ширина проезжей части b, м	Способ установки ОП
1. Односторонняя		<12	На опорах с одной стороны проезжей части
2. Двухрядная в шахматном порядке		<24	На опорах с двух сторон проезжей части в шахматном порядке
3. Даухрядная прямоугольная		<48	На опорах с двух сторон проезжей части в прямоугольном порядке
4. Осевая		<18	На тросах по оси улицы или дороги
5. Двухрядиая прямоугольная по осн движения		<60	На тросах по осям движения в прямоугольном порядке
6 Двухрядная прямоугольная по осн улицы нлн дороги		<24	На опорах, установленных по разделительной полосе проезжей части улиц или дорог
7. Четырехрядная в шахматном или прямоугольном порядке		48—100	На опорах с двух сторон проезжей части в шахматном или прямоугольном порядке согласно пп. 2 и 3 с дополнительными кронштейнами для освещения тротуара
8. Смешаная в шахматном или прямоугольном порядке		<24	На опорах или стенах зданий с двух сторон проезжей части в шахматном порядке. Расстояние от проекций ОП до освещаемой рабочей поверхности больше 6 м

§ 16.1; выбор ИС согласно рекомендациям § 16.2; выбор ОП согласно рекомендациям § 16.3 и схемы размещения ОП на основе данных, приведенных в § 16.4.

При нормировании установок НО по средней яркости определение расстояния между ОП (шага d, м) производится по формуле

$$d = \frac{1}{\pi L_н b K_з} \sum_{i=1}^{M} u_{Li} \Phi_{лi} m_i, \qquad (16.1)$$

где $L_н$ — нормируемая средняя яркость, кд/м²; b — ширина проезжей части, м; $K_з$ — коэффициент запаса, равный 1,3 для ОП с ЛН и 1,5 с ГЛ; M — число рядов ОП вдоль освещаемой полосы (каждый ряд должен состоять из однотипных ОП); u_{Li} — коэффициент использования по яркости ОП i-го ряда; $\Phi_{лi}$ — световой поток ламп ОП i-го ряда, m — число ОП на опоре, относящейся к i-му ряду.

На практике в основном используются две схемы размещения ОП. Параметры, характеризующие расположение ОП относительно освещаемой поверхности, приведены на рис. 16.14.

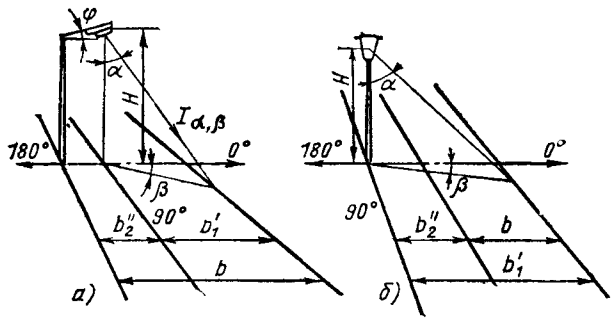


Рис. 16.14. К расчету коэффициента использования.

При расположении ОП над освещаемой полосой (рис. 16.14, $а$) коэффициент использования по яркости u_L равен:

$$u_L = u'_{L1} + u''_{L2}, \qquad (16.2)$$

а при расположении вне освещаемой полосы (рис. 16.14, $б$)

$$u_L = u'_{L1} - u'_{L2}. \qquad (16.3)$$

При нормировании установок НО по средней освещенности

$$d = \frac{1}{E_н b K_з} \sum_{i=1}^{M} u_{Ei} \Phi_{лi} m_i, \qquad (16.4)$$

где $E_н$ — нормируемая средняя освещенность, лк; u_{Ei} — коэффициент использования по освещенности для ОП i-го ряда.

Показатель ослепленности P определяется по формуле

$$P = C_\lambda C_L \cdot 570 \frac{\sum_{i=1}^{M} \beta_i}{K_з L_н}, \qquad (16.5)$$

где C_λ — коэффициент неэквивалентности, равный 1,0 для ЛН, 1,1 для МГЛ, 1,3 для ДРЛ и 0,9 для НЛВД; C_L — коэффициент, зависящий от нормируемой яркости покрытия (рис. 16.15); $\sum_{i=1}^{M} \beta_i$ — суммарная яркость вуалирующей пелены от M рядов ОП; $K_з$ — коэффициент запаса; $L_н$ — нормируемая средняя яркость, кд/м².

Яркость вуалирующей пелены β_i, кд/м², от каждого ряда ОП определяется для наблюдателя, находящегося на оси движения, по формуле

$$\beta_i = \frac{m_i}{3300[(H-h)+\Delta b_i^2]} \left[0{,}88 I_{75_i^\circ} + 0{,}82 I_{80_i^\circ} + 2{,}1 I_{85_i^\circ} + 1{,}55 I_{90_i^\circ}\right], \qquad (16.6)$$

где m_i — число ОП на опоре, относящейся к i-му ряду; H — высота установки ОП, м; h — высота глаз наблюдателя над уровнем проезжей части, принимаемая равной 1,5 м; Δb_i — расстояние между вертикальными

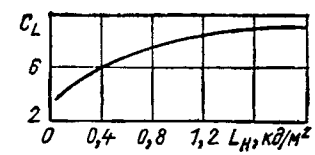


Рис. 16.15. Зависимость коэффициента C_L от нормируемой яркости $L_н$.

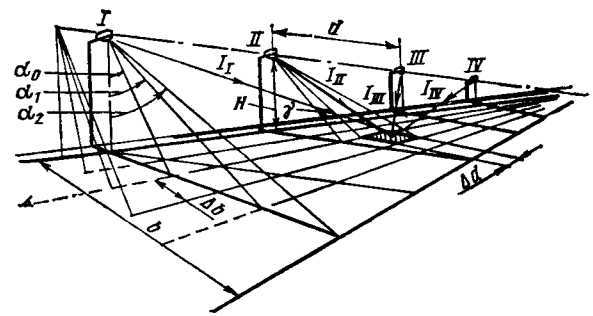


Рис. 16.16. К расчету яркости дорожного покрытия точечным методом.

плоскостями, проходящими через линию зрения наблюдателя и i-й ряд ОП; I_{75°, I_{80°, I_{85°, I_{90° — значения силы света ОП, кд, в плоскости $\beta = 90°$ под углами $\alpha = 75$, 80, 85 и 90°.

Если в результате расчета получается $P > 150$, то необходимо увеличить H, определить d и произвести повторный расчет.

Расчет яркости дорожного покрытия $L_{\Delta b, \Delta d}$ в заданных контрольных элементарных площадках $\Delta A_{\Delta b, \Delta d}$ при совокупном действии нескольких ОП (рис. 16.16) проводится для заданного пространственного расположения ОП по формуле

$$L_{\Delta b,\ \Delta d} = \sum_{1}^{m} \Delta L_{\Delta b, \Delta d, m}, \qquad (16.7)$$

где m — число ОП, освещающих расчетную элементарную площадку $\Delta A_{\Delta b,\Delta d}$; $\Delta L_{\Delta b,\Delta dm}$ — яркость рассматриваемой элементарной площадки $\Delta A_{\Delta b,\Delta d}$, создаваемая m-м светильником, кд/м²:

$$\Delta L_{\Delta b,\Delta d,m} = I_{\Delta b,\Delta d,m} \frac{r_{\Delta b,\Delta d,m} \cos^3 \alpha_{\Delta b,\Delta d,m}}{\pi H^2 K_в}, \quad (16.8)$$

где $I_{\Delta b,\Delta d,m}$ — сила света m-го ОП в направлении элементарной площадки $\Delta A_{\Delta b,\Delta d}$; $r_{\Delta b,\Delta d,m}$ — коэффициент яркости дорожного покрытия относительно направления линии зрения и угла падения светового пучка на элементарную площадку $\Delta A_{\Delta b,\Delta d}$ принимается согласно табл. 16.9 и 16.10; $\alpha_{\Delta b,\Delta d,m}$ угол падения лучей на элементарную площадку; $K_з$ — коэффициент запаса.

Для ОП, посылающих световой поток в направлении наблюдателя, значение коэффициента яркости принимается равным 0,1.

Максимальные и минимальные расчетные значения $L_{\Delta b,\Delta d}$ должны удовлетворять требованиям, приведенным в § 16.1. В противном случае необходимо изменить геометрические параметры установки или схему размещения ОП и выполнить повторный расчет всех параметров ОУ.

Определение равномерности распределения освещенности производится расчетом средней освещенности на участке размерами $\Delta d \times \Delta b$ в n контрольных точках, находящихся на расстоянии не более 5 м одна от другой и равномерно расположенных на этом участке. Средняя освещенность $E_{ср}$ определяется как

$$E_{ср} = \frac{\sum^{n} E_{\Delta b,\Delta d}}{n}, \quad (16.9)$$

где $E_{\Delta b,\Delta d}$ — освещенность элементарной площадки $\Delta A_{\Delta b,\Delta d}$, лк.

Полученное в результате расчета отношение $E_{max}/E_{ср}$ не должно превышать значений, указанных в § 16.1. В противном случае следует изменить параметры установки, размещение ОП и выполнить повторный расчет ОУ.

Разнообразие условий использования НО и ограниченность номенклатуры ОП и ИС не позволяют дать исчерпывающие рекомендации по их применению. Вместе с тем одинаковые нормируемые параметры установок НО могут быть обеспечены ОП и ИС разных типов и мощности при различных схемах их размещения по отношению к освещаемому объекту. Поэтому определение варианта установки НО с высокими технико-экономическими показателями возможно лишь при многовариантной проработке проектных решений с применением ЭВМ. Первые программы и методы обработки на ЭВМ фотометрических данных ОП для НО, а также расчета показателей установок НО были разработаны в Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. Во ВНИСИ также разработан комплекс программ для расчета на ЭВМ технико-экономических показателей установок НО, с помощью которых, располагая фотометрическими данными ОП для НО, можно рассчитать все параметры ОУ, а также удельные приведенные затраты на ОУ в рассматриваемом варианте. Использование ЭВМ позволяет более обоснованно выбирать проектное решение установок НО в каждом конкретном случае.

Электротехническая часть проекта включает в себя определение сечения проводников, проверку выбранного сечения на допустимую плотность тока, выбор аппаратуры защиты, распределения нагрузки и системы управления.

Электрические сети установок НО выполняются на 380/220 В трехфазного переменного тока при глухозаземленной нейтрали.

Применение напряжения 380 В переменного тока для питания ОУ допускается при соблюдении следующих условий: вводы в ОП и ПРА должны выполняться медными проводами (или кабелем) с изоляцией, рассчитанной на напряжение не менее 500 В; должна быть предусмотрена возможность одновременного отключения фазных проводов, вводимых в ОП (или ПРА); на ОП (или отсеках ПРА) должна быть нанесена хорошо различимая надпись: «380 В».

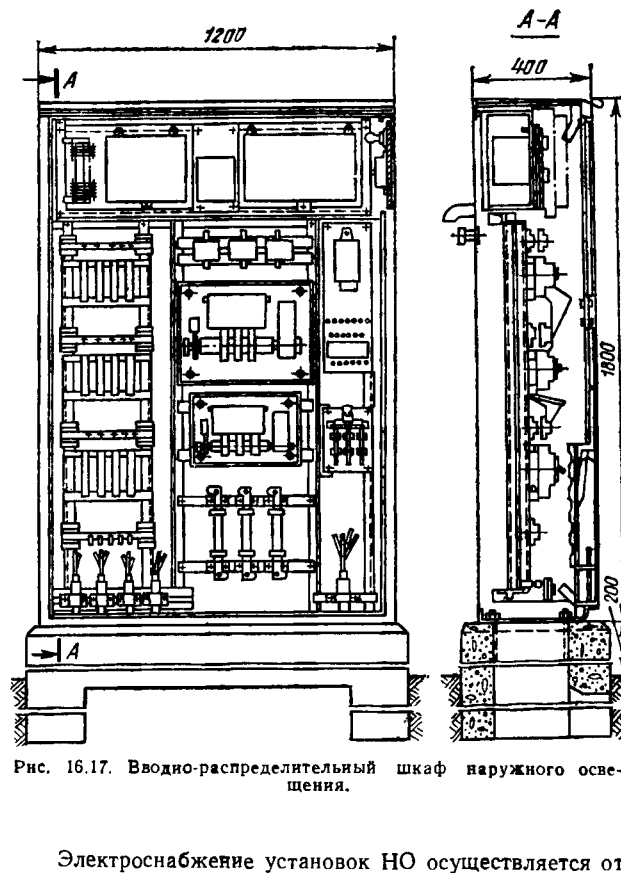


Рис. 16.17. Вводно-распределительный шкаф наружного освещения.

Электроснабжение установок НО осуществляется от трансформаторов сети общего пользования или специальных трансформаторов, если это обосновано технико-экономическими расчетами. Распределительные устройства в сетях НО должны обеспечивать равномерное распределение нагрузки, защиту от перегрузок и коротких замыканий, а также учет расхода электроэнергии (рис. 16.17).

Питание светильников НО микрорайонов следует осуществлять непосредственно от пунктов питания НО или от находящихся вблизи сетей улично освещения с учетом принятой системы эксплуатации. Светильники, установленные на стенах зданий, козырьках подъездов и т. д., можно питать от сетей здания, на котором они установлены, с оборудованием устройств защиты и отключения (рис. 16.18).

Проектирование распределительных сетей установок выполняется с учетом возможности частичного отключения ОП в ночном режиме, для улиц и дорог категорий А и Б — прокладкой раздельных распределительных кабелей вечернего и ночного режимов освещения.

Таблица 16.9. Значения коэффициентов яркости r_{ij} для гладкого мелкозернистого асфальтобетонного покрытия

b/H	Коэффициент яркости r_{ij} при α, град																			
	85	84	83	82	80	78	76	74	72	70	65	60	55	50	45	40	30	20	10	0
0	22,40	20,40	18,20	16,40	13,00	8,40	5,00	3,30	2,19	1,77	1,20	0,83	0,57	0,38	0,26	0,22	0,13	0,11	0,10	0,10
0,25	16,80	15,10	13,60	12,00	9,00	6,17	3,16	2,11	1,75	1,46	0,96	0,64	0,44	0,29	0,21	0,18	0,13	0,11	0,10	
0,50	14,60	11,60	9,50	7,00	4,50	2,98	1,98	1,47	1,25	1,04	0,64	0,40	0,27	0,20	0,16	0,14	0,11			
0,75	11,00	8,00	5,30	4,00	2,55	1,80	1,25	0,98	0,83	0,68	0,42	0,27	0,19	0,15	0,12	0,11				
1,00	6,90	4,50	3,60	2,56	1,62	1,20	0,88	0,77	0,60	0,46	0,29	0,20	0,15	0,12						
1,25	4,56	3,40	2,60	1,50	1,13	0,85	0,70	0,56	0,46	0,38	0,23	0,16	0,12							
1,50	3,50	2,55	1,90	1,34	0,93	0,75	0,55	0,45	0,36	0,31	0,19	0,14								
1,75	2,80	1,95	1,45	1,10	0,80	0,62	0,45	0,36	0,31	0,26	0,16									
2,00	2,25	1,53	1,22	0,92	0,68	0,53	0,40	0,32	0,26	0,22	0,13									
2,25	1,80	1,25	0,97	0,80	0,62	0,45	0,35	0,26	0,22	0,19										
2,50	1,50	1,05	0,90	0,72	0,57	0,40	0,32	0,24	0,19	0,16										
2,75	1,25	0,95	0,80	0,65	0,50	0,37	0,28	0,20												
3,00	1,10	0,90	0,75	0,62	0,44	0,32	0,24	0,18												
4,00	0,80	0,60	0,45	0,37	0,30	0,22														
5,00	0,60	0,50	0,35	0,32	0,23	0,16														

Таблица 16.10. Значения коэффициентов яркости r_{ij} для шероховатого асфальтобетонного покрытия

b/H	Коэффициент яркости r_{ij} при α, град																			
	85	84	83	82	80	78	76	74	72	70	65	60	55	50	45	40	30	20	10	0
0	7,00	6,40	5,70	4,90	3,60	2,34	1,80	1,52	1,34	1,18	0,90	0,71	0,56	0,44	0,36	0,32	0,24	0,18	0,14	0,10
0,25	6,20	5,04	4,10	3,40	1,94	1,50	1,22	1,02	0,85	0,73	0,51	0,39	0,32	0,27	0,21	0,19	0,17	0,13		
0,50	4,60	3,60	2,70	1,90	1,40	1,10	0,90	0,74	0,60	0,51	0,38	0,28	0,24	0,23	0,20	0,19	0,13			
0,75	3,50	2,20	1,70	1,48	1,12	0,87	0,67	0,54	0,44	0,38	0,28	0,23	0,22	0,20	0,18	0,14				
1,00	2,20	1,64	1,43	1,21	0,90	0,65	0,50	0,40	0,33	0,28	0,23	0,22	0,20	0,17						
1,25	1,70	1,42	1,19	0,99	0,72	0,50	0,39	0,32	0,28	0,25	0,20	0,19	0,16							
1,50	1,51	1,20	1,00	0,84	0,59	0,41	0,35	0,27	0,24	0,23	0,20	0,17								
2,00	1,12	0,80	0,73	0,58	0,39	0,31	0,25	0,24	0,23	0,22	0,16									
2,50	0,96	0,72	0,53	0,42	0,31	0,29	0,24	0,22	0,20	0,17										
3,00	0,78	0,64	0,39	0,32	0,27	0,24	0,22	0,19	0,17											
4,00	0,48	0,34	0,29	0,27	0,24	0,20														
5,00	0,36	0,33	0,27	0,24	0,19	0,17														

Распределительные сети установок НО могут выполняться кабельными, с прокладкой в земле, и неизолированными алюминиевыми проводами (воздушные сети).

Кабельные сети НО применяются на территориях детских яслей-садов, общеобразовательных школ, на участках улиц с троллейбусным движением в местах наибольшей вероятности схода штанг, а также на территориях общегородских парков, садов, бульваров и скверов, примыкающих к улицам и площадям категорий А и Б. Применение кабельных сетей обязательно при использовании венчающих ОП (типов РТУ01, РТУ02, РТУ04, РТУ05 и т. п.) при высоте их установки не более 6 м. Кабельные распределительные сети НО в пределах одной линии следует выполнять, как правило, одного сечения способом «заход-выход» или с применением тройниковых муфт без разрезания жил. В линиях, проложенных на улицах категорий А и Б, для обеспечения оперативных переключений между крайними опорами соседних участков должны прокладываться нормально разомкнутые перемычки. Воздушные сети установок НО должны выполняться неизолированными алюминиевыми проводами сечением не менее 16 мм². Минимальные расстояния от проводов до поверхности земли должны соответствовать требованиям [45]. Провода воздушной сети НО, прокладываемые на опорах совместно с проводами воздушной линии, должны располагаться, как правило, над нулевым проводом. Высота подвеса воздушных линий НО в местах пересечения с контактной сетью троллейбуса должна быть не менее 10,5 м от уровня дорожного покрытия, а расстояние от проводов НО до конструкций крепления контактной сети должно быть не менее 1,5 м.

Сечения нулевых жил кабелей в установках НО с ГЛ следует обязательно принимать равными сечению фазных проводов для нулевых проводов воздушных линий.

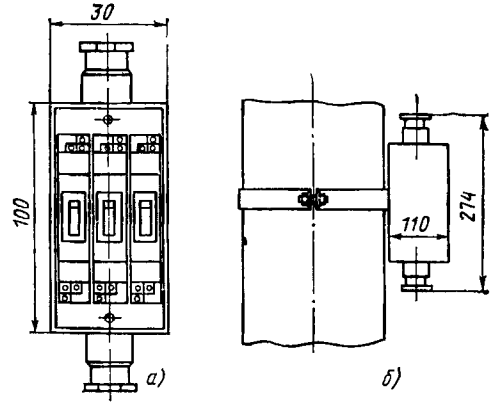


Рис. 16.18. Коробка с автоматами, применяемая для светильников, устанавливаемых на стенах зданий

а — общий вид со снятой крышкой; *б* — схема крепления на опоре.

Расчет сечения проводников сетей НО производится по минимально допустимой потере напряжения с проверкой на допустимую плотность тока. При расчете сети НО коэффициент спроса принимается равным 1,0, а снижение напряжения по отношению к наиболее удаленному ИС не должно превышать 5 % номинального напряжения. Для трехфазной сети с равномерной на-

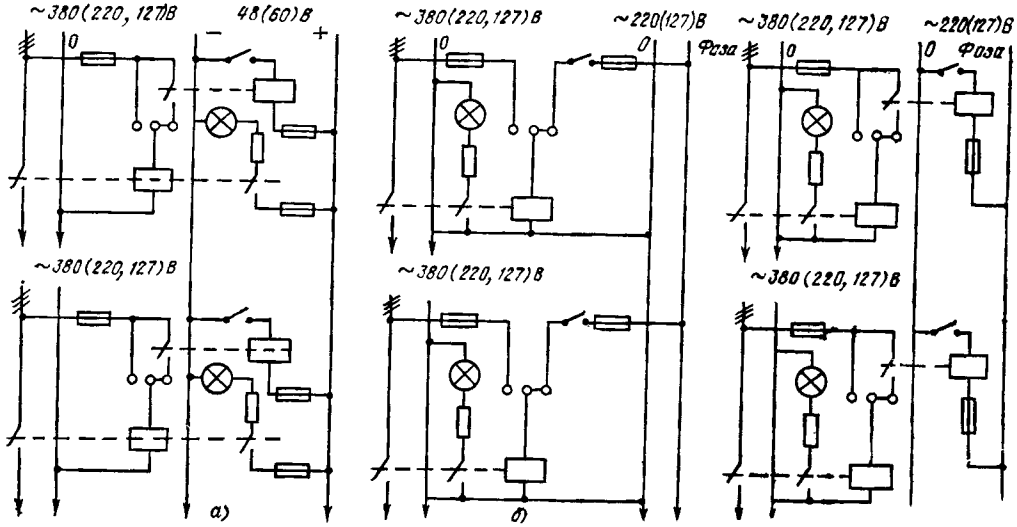


Рис. 16.19. Схемы управления и сигнализации в установках наружного освещения.

а — при телефонных кабелях; *б* — при контрольных кабелях без промежуточных реле; *в* — при контрольных кабелях с промежуточными реле.

грузкой фаз ОП, имеющими индивидуальную компенсацию коэффициента мощности, при использовании нулевого провода сети общего пользования сечение определяется по методике, изложенной в [16.2].

Проверка на допустимую плотность тока в проводниках производится с целью установления длительно допустимого тока, не вызывающего превышения температуры сверх предела, устанавливаемого для проводов и кабелей различных конструкций и условий прокладки.

Защита сетей НО должна выполняться в соответствии с требованиями ПУЭ. Ответвления к ОП необходимо защищать индивидуальными предохранителями или автоматами, если защитный аппарат обслуживает более 20 светильников на фазу. В цоколе каждой опоры рекомендуется устанавливать предохранители или автоматы, обеспечивающие защиту ответвлений кабельного ввода к ОП. В распределительных линиях, питающих ОП с ГЛВД, номинальный ток плавкой вставки должен быть не менее 1,25 рабочего тока, а уставка автомата с тепловым или комбинированным расцепителем — не менее 1,5 рабочего тока.

Сети НО должны управляться независимо от сетей общего пользования. Управление производится по возможности из ограниченного числа мест, система управления НО должна обеспечивать его отключение в течение не более 3 мин. Включение НО улиц, дорог и площадей должно производиться при снижении уровня естественной освещенности до 20 лк, а отключение — при его повышении до 10 лк. Переключение освещения пешеходных туннелей с дневного режима на вечерний и ночной или с ночного на дневной должно производиться одновременно с включением или отключением НО. Дневной режим освещения транспортных туннелей осуществляется при естественной освещенности свыше 100 лк, перевод освещения на вечерний и ночной режимы производится при снижении естественной освещенности ниже 100 лк.

Устройства НО в городах оборудуются централизованным дистанционным управлением или телеуправлением, при этом в пункте управления предусматривается контроль состояния освещения. В установках НО широко используются схемы дистанционного управления, осуществляемого магнитными пускателями или контакторами, установленными в линиях. На практике применяются различные схемы дистанционного управления. Их можно разделить на обычную, когда для включения или отключения контактора используется один канал связи (один или два провода, проложенные между щитом управления и контактором), и телеуправления, когда посредством одной пары телефонного кабеля выполняется несколько операций (незаинсмое управление несколькими контакторами, сигнализация состояния управляемых линий, контроль защиты линий и т. д.) (рис. 16.19).

Схема управления НО выбирается в зависимости от параметров ОУ и площади, на которой она размещена. При этом в населенных пунктах должно предусматриваться централизованное телемеханическое управление установкой НО при числе жителей более 50 тыс.; централизованное телемеханическое и дистанционное управление при числе жителей от 20 до 50 тыс.; централизованное дистанционное управление при числе жителей до 20 тыс. На исполнительный пункт при централизованном телемеханическом управлении поступают следующие сигналы управления: включить все освещение; включить (или отключить) часть освещения; отключить все освещение. На диспетчерский пункт поступают сигналы состояния: включено все освещение; включена (или отключена) часть освещения; отключено все освещение; неисправность в сети НО.

В системах централизованного и дистанционного управления сетями НО широко применяются каскадные схемы управления (рис. 16.20). При этом в один каскад допускается включать до 15 пунктов питания при кабельных сетях и до 10 пунктов питания при воздушно-кабельных сетях НО.

Сравнительная технико-экономическая оценка различных вариантов ОУ производится по удельной установленной мощности на 1 м² проезжей части улиц, дорог, проездов и площадей, а также по минимуму приведенных годовых затрат при условии равноценности достигаемых светотехнических показателей.

Удельная установленная мощность P_0, Вт/м², определяется по формуле

$$P_0 = \frac{P_{св}\, mM}{db}, \qquad (16.10)$$

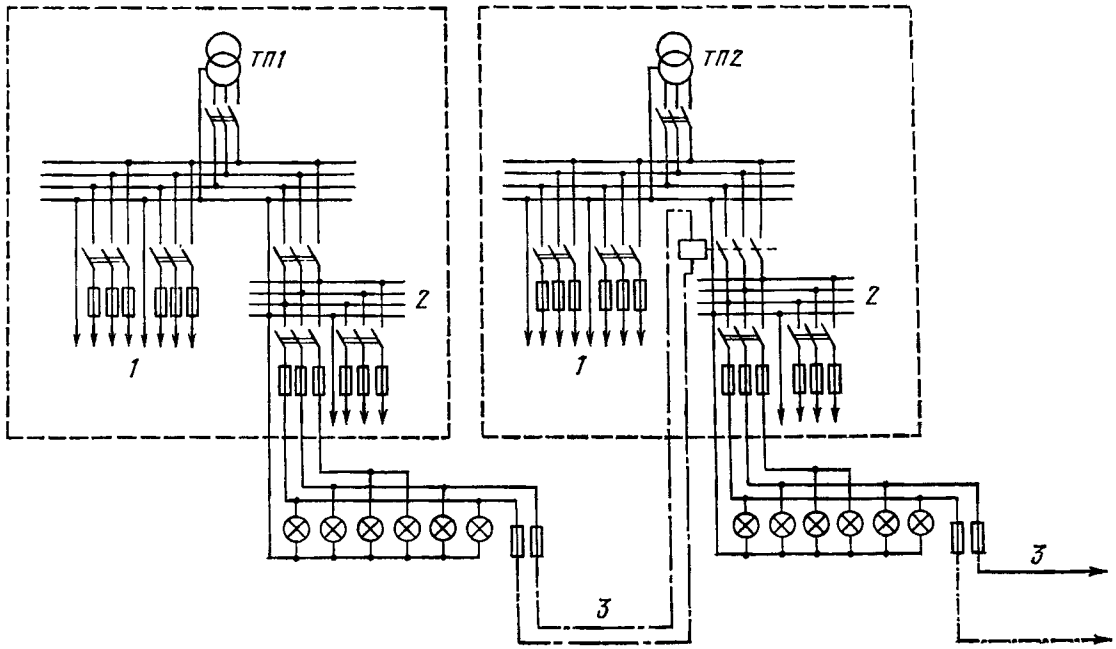


Рис. 16.20. Каскадная схема управления наружным освещением.

ТП1, ТП2 — силовые трансформаторы; *1* — силовая нагрузка и освещение цехов; *2* — шины рабочего освещения территории; *3* — сеть управления.

где $P_{св}$ — мощность ИС в ОП с учетом потерь в ПРА, Вт; m — число ОП фонаря, относящихся к одному ряду; M — число рядов ОП; d — шаг опор с ОП, м; b — ширина улицы, проезда, тротуара и др., м.

Приведенные годовые затраты $Э_0$ в общем виде определяются как

$$Э_0 = \frac{\xi P_0 T K_э}{10^3} + \frac{K_л T m M}{T_л d b} + j_{об} \frac{K_с + K_л}{d b} + \varepsilon \left[\frac{(K_с + K_л) m M + K_0 M}{d b} \right], \qquad (16.11)$$

где ξ — коэффициент, учитывающий потери мощности в сети и принимаемый равным 1,03; T — число часов горения ОП за год; $K_э$ — стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/(кВт·ч); $K_л$ — стоимость ИС в ОП, руб. $T_л$ — срок службы ИС, ч; $j_{об}$ — коэффициент относительных расходов на обслуживание ОП, равный 0,1; $K_с$ — стоимость ОП без ИС, руб.; ε — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, равный 0,12—0,15; K_0 — стоимость опоры и ее монтажа, руб.

Из сравниваемых вариантов установки НО наиболее экономичной будет та, для которой значение $Э_0$ будет наименьшим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

16.1. **Sleiski M. C.** Relationship of roadway lighting and traffic accidents — Highway Res. Board Spec. Rept, 1957, № 93, p. 172—177.

16.2. **ВСН-22-75.** Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов.

16.3. **СН 541-82.** Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов.

16.4. **Житова Н. П., Островский М. А., Пономаренко Л. А.** Расчет эффективных кривых силы света светильников для освещения улиц и дорог. — Светотехника, 1975 № 3, с. 2—5.

16.5. **ГОСТ 8045-75.** Светильники для освещения улиц, дорог и площадей. Общие технические условия.

16.6. **СТ СЭВ 172-75.** Светильники электрические для наружного освещения. Технические требования и методы испытаний.

16.7. **ГОСТ 10036-75.** Рассеиватели, защитные и декоративные стекла из силикатного стекла для светильников. Общие технические условия.

16.8. **ГОСТ 15150-69.** Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

Раздел семнадцатый

ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

17.1. ВВЕДЕНИЕ

Облучательная светотехиическая установка (ОСУ)— это совокупность источников излучения и светотехнического оборудования, предназначенного для генерации и перераспределеиия оптического излучения с целью обеспечения целесообразной (полезной) реакции приемника излучения. В отличие от осветительных установок, где приемником является глаз человека, ОСУ характеризуются большим разнообразнем прнемнников излучення. Поглощенное приемником ОИ преобразуется в другие формы энергии. Процесс преобразования либо протекает внутри возбужденных молекул, либо поглощеиная энергия может распределяться между частицами вещества независимо от того, принимали они участие в элементарных процессах поглощения или иет.

Тепловое действие излучения соответствует статистнчески равномерному распределению поглощеиной энергии излучения. В этом случае энергия излучения преобразуется в энергию поступательного, колебательного и вращательного движения молекул, ионов и свободиых электронов, взаимодействующих с излучением.

Фотоэлектрическое, фотолюмииесцеитное, фотохимическое и фотобиологическое действня ОИ характеризуются поглощеннем энергии отдельными молекулами. В результате фотоэлектрнческого преобразования энергии происходнт изменение электрического состояния поглощающего тела — фотоэффект: при фотолюминесцентном преобразованин — излучение возбужденных молекул, атомов; при фотохимическом — химические превращеиия (реакцни) в молекулах, поглотивших излучение, наконец, при фотобиологических процессах — химические реакции в белках, иуклеиновых кислотах и других органнческнх веществах н связанные с этнм процессы обмена веществ в живом организме. Фотоэлектрическое и фотолюминесцентное действия излучения наряду с тепловым могут быть объединены понятием фотофизического действня излучения.

Можно подразделить ОСУ на установки с применеиием естественного облучения и установки с применением искусственных ИС. Здесь представлеиы в осиовиом последние, так как вопросами преобразования (использоваиия) солиечиого излучения занимаются специальные разделы техникн, например гелиотехника. В ряде ОСУ, иапример в теплицах, соляриях и т. п., применяется совмещенное облучение. В некоторых случаях осуществляется совмещение разных типов преобразования энергии нзлучения: теплового и фотобиологического (солярии), теплового и фотохимического (сушка лаковых покрытий) и т. п. В связи с развитием когерентных источников излучения — лазеров — все большее распространение иаходят ОСУ, где используются характерные особенности лазерного излучения. На рис. 17.1 представлеиы три верхних уровня классификации ОСУ.

Масштабы и области применения ОСУ непрерывно возрастают [17.1—17.4]. В стране насчитываются сотни теплиц и живоТноводческих помещений с искусственным облучением и десятки тысяч приборов и технологнческих процессов, в которых используется ОИ.

На первом этапе своего развития облучательиая техника пользовалась большим арсеналом средств и методов «традиционной светотехники». Однако в последиие два десятилетня эта область светотехникн все более обособляется, формируясь как самостоятельное иаправление [17.4]. Признанием этого явилось создание при МКО двух самостоятельных технических комитетов: 1.7 «Актиничное действие оптического излучения» (1974 г.) и 1.8 «Фотохимия и растениеводство (светокультура растений)» (1979 г.), в задачи которых входит изучение специфичных воздействий света на различные приемники (кроме глаза) и выработка единых международных требований к технике, средствам и методам облучения.

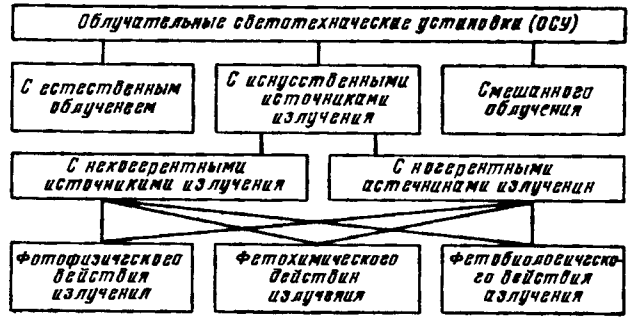


Рис. 17.1. Три уровня классификации ОСУ.

17.2. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОГО ДЕЙСТВИЯ

Облучательными устаиовками теплового действия называются установки, в которых тепловая энергия передается телу с помощью ОИ. Этот способ иагрева успешно конкурнрует с контактным (основанным иа теплопроводиости) и коивекционным (с помощью потока теплого воздуха) способами. В процессе теплового прабразования ОИ энергия каждого фотона, поглощеиного молекулой (илн группой молекул), превращается в энергию колебательного движения молекул. Эти движения быстро затухают в результате передачи энергин смежным молекулам. В металлах осиовным переносчиком тепловой энергии являются свободные электроны.

Кинетика накопления тепловой энергии телом при поглошении ОИ, а также распределение температуры в объеме облучаемого тела зависят от физических параметров тела, условий его охлаждения н параметров облучательной установки. Как правило, предварительные оценки делаются с учетом ряда допущений, экспериментальио проверяются на моделях и уточняются на стадии проектнрования. Относительно простое соотиошеиие для расчета температуры облучаемого тела получается в предположении ее равномерного распределения по толщине тела [5]:

$$T_i = T_0 + \frac{\alpha E_e - qrk}{a_\Sigma k}\left(1 - e^{-\frac{a_\Sigma \sigma}{c\gamma} t_i}\right), \qquad (17.1)$$

где T_i — температура тела в момент времени t_i от начала облучения, К; T_0 — начальная температура тела, К; α — коэффициент поглощения излучения телом; E_e — облученность, Вт/м²; q — скорость испарения, кг/(м²·с);

r — удельная теплота испарения, Вт·с/кг; $k=A/A_0$ — отношение площадей полной поверхности и облучаемой ее части; $\sigma=A/V$ — отношение площади полной поверхности облучаемого тела к его объему; c — удельная теплоемкость облучаемого тела, Вт·с/(кг·К); γ — плотность облучаемого тела, кг/м³; a_Σ — суммарный коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К):

Температура тела, °С	0	60	100	150	200	300	400	500
a_Σ, Вт/(м²·К)	8,6	11,6	14,4	17,1	20,2	25,6	34,7	44,7

Проникающая способность ОИ является характерной особенностью взаимодействия ОИ с веществом. Она зависит как от природы вещества, так и от длины волны ОИ; большая проникающая способность характерна для ИК излучения. Количественной характеристикой проникающей способности излучения служит глубина проникновения l, в качестве которой принимают толщину слоя вещества, ослабляющего падающее на поверхность излучение в e или 10 раз. Значения глубины проникновения ИК излучения l_{10} для некоторых материалов приведены в табл. 17.1.

Таблица 17.1. Глубина проникновения ИК излучения

Материал	Длина волны, мкм	Глубина проникновения, мм
Стекло оконное белое	1—3	30—60
Вода (слой)	0,8—1,1	30—45
Хлеб ржаной свежий	0,8—2	2,5
Древесина сухая	3,3	2,5—3
Древесина влажная	3,3	1—1,5
Полиэтилен	6—12	0,4—2,3
Эмаль МЛ-12-02 «белая ночь»	2—12	0,06—0,6
Кожа человека	0,5—1,5	10

Объемный характер поглощения ОИ приводит к тому, что температура внутри материала может оказаться выше температуры его поверхности. Возникает градиент температуры до 20—50 К/см, направленный изнутри материала к его поверхности. Во влажных материалах наличие градиентов температуры интенсифицирует процесс удаления влаги [17.5]. В ряде случаев (например, при сушке лакокрасочных покрытий) при повышении температуры в материале протекают сложные физико-химические процессы (полимеризация, поликонденсация), что способствует быстрому формированию пленки.

17.2.1. ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЛУЧАТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОГО ДЕЙСТВИЯ

В ОСУ теплового действия используются в основном тепловые излучатели, нагреваемые электроэнергией и газом [17.6, 17.7]. Сравнительная характеристика тепловых излучателей дана в табл. 17.2. По спектральному составу излучения излучатели делят на «светлые» и «темные».

«Светлые» излучатели имеют температуру излучающего тела выше 1000 °С. К ним относятся зеркальные ЛН и кварцевые галогенные ЛН (см. разд. 4). Ориентировочные значения облученности на разных расстояниях от ламп типа ИКЗ приведены на рис. 17.2, *а* и *б*.

Кварцевые галогенные ЛН типов КГ, КГО, КГД и КГТ представляют собой цилиндрическую колбу из кварца, по оси которой монтируется спиральное тело накала из вольфрамовой проволоки (см. разд. 4).

Кварцевые излучатели с нихромовой спиралью имеют негерметизированную кварцевую трубку, предохраняющую спираль от охлаждения конвекционными потоками воздуха. Параметры разборного кварцевого излучателя, предназначенного для сушки технических бумаг с латексным покрытием, приведены ниже.

Потребляемая мощность, Вт	1900
Поток излучения, Вт	1230
Яркостная температура, К	1200
Температура поверхности трубки в центре, К	853
Температура цоколя, К	543

«Темные» излучатели имеют максимальную температуру тела накала не выше 1000 °С. Наибольшее распространение в промышленных технологических установках находят трубчатые электронагреватели (ТЭН), выпускаемые в СССР в соответствии с [17.8]. Зависимости температуры ТЭН от удельной мощности в спокойной воздушной среде и при движении воздуха с различной скоростью приведены на рис. 17.3.

Плоские панельные излучатели изготовляются в виде прямоугольных или квадратных плит из чугуна, имеющего коэффициент излучения, близкий к единице. В плите находится один или несколько ТЭН. Рабочая температура плоских панельных излучателей 350—400 °С.

Таблица 17.2. Сравнительная характеристика тепловых излучателей

Характеристика	Тип источника						
	Электрические					Газовые	
	зеркальные лампы накаливания	кварцевые галогенные лампы накаливания	кварцевые излучатели с нихромовой спиралью	трубчатые электронагреватели	панельные излучатели	керамические перфорированные	отражательного типа
Температура излучателя, °С	1650—2000	1650—2200	760—980	540—760	200—590	760—920	760—1200
λ_{max}, мкм	1,5—1,15	1,5—1,15	2,8—2,6	3,6—2,8	6,0—3,2	2,8—2,5	2,8—2,2
Отдача энергии, %:							
излучением	65—80	72—86	55—45	53—45	50—20	46—50	36—40
конвекцией	35—20	28—14	45—55	47—55	50—80	54—50	64—60
Размеры, мм	125 (диаметр) 185 (длина)	9,5 (диаметр)	9,5—16 (диаметр)	9,5—16 (диаметр)	—	76×560 127×560	76×305
Устойчивость против удара:							
механического	Плохая	Хорошая	Хорошая	Превосходная	Разная	Превосходная	Плохая
термического	»	Превосходная	Превосходная	»	Хорошая	»	Превосходная
Время нагрева	Секунды	Секунды	Минуты	Минуты	Десятки минут	До 60% за 1 мин	До 60% за 1 мин
Время охлаждения	»	»	Секунды	»	То же	До 18% за 1 мин	До 18% за 7 мин

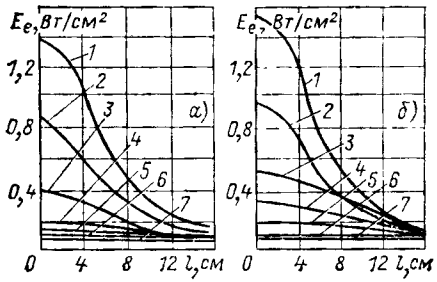


Рис. 17.2. Облученность в зависимости от расстояния от оси лампы ИКЗ127-500 (*а*) и ИКЗ220-500 (*б*) для разных высот:
1 — 0,1 м; *2* — 0,2 м; *3* — 0,3 м; *4* — 0,4 м; *5* — 0,5 м; *6* — 0,6 м; *7* — 0,7 м.

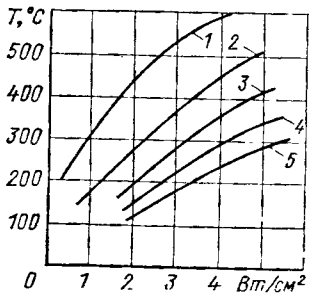


Рис. 17.3. Связь температуры и удельной мощности ТЭН в спокойной воздушной среде и при движении воздуха с различной скоростью
1 — естественное охлаждение; *2* — 3 м/с; *3* — 6 м/с; *4* — 9 м/с; *5* — 12 м/с.

Характеристики других темных излучателей (керамических, стеклянных, из карбида кремния) приведены в [17.6]. Характеристики газовых ИК излучателей содержатся в [17.6, 17.9].

17.2.2. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ

Установки применяются для сушки лакокрасочных покрытий, пропиточных лаков, бумажно-бакелитовых изделий, древесины, бумаги, типографских оттисков, резины, клея при строительных работах, в пищевой промышленности, в сельскохозяйственном производстве [17.7, 17.10].

Скорость сушки зависит от скорости испарения после нагрева влажного материала до установившейся температуры $T_{исп}$, при которой в течение продолжительного времени происходит испарение влаги. Величина $T_{исп}$ определяется из выражения (17.1) при условии $t_1 \to \infty$, причем в первый период сушки испарение происходит на поверхности тела, скорость испарения q определяется из соотношения

$$q = \frac{E_e + Q_к}{r}, \qquad (17.2)$$

где $Q_к$ — конвективный подвод теплоты к материалу. Величина $Q_к$ будет положительной, если температура воздуха выше температуры материала.

При выборе спектрального состава источников излучения для сушки влажных материалов необходимо учитывать не только спектральное поглощение материала, но и спектральное поглощение воды.

В следующий период скорость сушки лимитируется интенсивностью подвода влаги изнутри тела к поверхности испарения:

$$q = -a_m \gamma_0 \left(\frac{\partial W}{\partial x} \pm \delta \frac{\partial T}{\partial x} \right), \qquad (17.3)$$

где a_m — коэффициент диффузии влаги; γ_0 — плотность сухого вещества материала; W — содержание влаги, %; x — линейная координата; δ — термоградиентный коэффициент. Выражение (17.3) показывает, что интенсификация процесса сушки достигается в том случае, если градиенты влагосодержания и температуры направлены одинаково изнутри наружу; что достигается при ИК сушке. Встречное направление градиентов характерно для конвективной сушки.

Обдув поверхности материала холодным воздухом способствует удалению паров и увеличивает градиент температуры, что в итоге приводит к интенсификации процесса сушки. Еще больший эффект достигается при периодическом облучении материала и обдуве его поверхности холодным воздухом [17.5].

Сушка материала происходит при температуре испарения. После практически полного испарения влаги температура материала повышается и достигает максимального значения.

Отверждение лакокрасочных покрытий представляет собой сушку с одновременным термопреобразованием материала.

Так, если у термопластичных материалов процесс формирования пленки сводится к удалению растворителя, то у термореактивных он связан как с удалением растворителя, так и с химическими превращениями (поликонденсацией, полимеризацией), приводящими к образованию пленки с необратимой структурой (см. также § 17.3).

Спектральный состав ИК излучения для отверждения выбирается с учетом оптических характеристик пленки и подложки. Как правило, все лаковые полимеры хорошо пропускают ИК излучение с $\lambda \leqslant 6$ мкм. В области спектра $\lambda \approx 2 \div 6$ мкм коэффициент отверждения лакокрасочных покрытий светлых и темных тонов для близких по составу групп лакокрасочных материалов практически одинаков. В коротковолновой ИК области ($\lambda \approx 0{,}8 \div 2$ мкм) коэффициент поглощения существенно зависит от цвета: при одинаковой облученности температура нагрева белых и светлых покрытий ниже, чем черных и темных.

В заключительной стадии процесса отверждения эффективно применение селективного ИК излучения с частотой, соответствующей частоте колебаний химической связи функциональной группы, определяющей процесс химических превращений. В результате воздействия селективного излучения процесс образования полимера, составляющего основу лакокрасочной пленки, в значительной степени ускоряется.

Продолжительность сушки определяется эмпирической зависимостью [17.11]

$$t = 10^a H^b T^c, \qquad (17.4)$$

где t — продолжительность сушки покрытия толщиной $\Delta_1 = 20$ мкм; H — твердость лакокрасочной пленки; T — температура нагрева пленки, °С; a, b, c — постоянные, зависящие от природы лакокрасочного материала и толщины пленки.

Продолжительность сушки t_2 лакокрасочных покрытий толщиной Δ_2 от 20 до 60 мкм определяется из выражения

$$t_2 = t_1 \left(\frac{\Delta_2}{\Delta_1} \right)^n, \qquad (17.5)$$

где t_1 — продолжительность сушки покрытия толщиной $\Delta_1 = 20$ мкм, определяемая по иомограмме; $n = 0{,}5 \div 0{,}7$ для синтетических лакокрасочных материалов, $n = 0{,}5 \div 0{,}8$ для маслосодержащих лакокрасочных материалов. При температурах сушки свыше 150 °С значение

Таблица 17.3. Общая характеристика установок для сушки

Область применения (отрасль промышленности)	Объект сушки (приемник ОИ)	Уровень облученности (ориентировочно), кВт/м²	Температура сушки (ориентировочно) °С	Время сушки, мин	Время конвективной сушки, мин
Сушка лакокрасочных покрытий (автомобильная, машиностроительная, электротехническая, легкая, мебельная и др.)	Эмали, лаки, растворители на металлических или деревянных подложках	0,5—20	80—200	1—30	10—500
Сушка древесины, бумаги, клея на древесно-стружечных плитах (строительство, деревообработка, бумажное производство)	Дерево, бумага, вода, клей, латексное покрытие	0,5—5	50—60	0,5—10	20—600
Сушка оттисков и клееных изделий (полиграфия)	Типографская краска, растворитель, лак, тушь, клей на бумажных или картонных подложках	1—8	—	0,01—3	0,5—10
Сушка тканей, фетровых и войлочных изделий. Сушка тканей, пропитанных латексом (текстильная, легкая)	Ткань, вода, аппретура	1—15	50—180	5—10	30—60
Сушка кожи, кожаной обуви (кожевенная, обувная, кожеаенно-галантерейная)	Кожа, окрашенная кожа, вода, краска, лак, клей	0,5—2	45—50, до 70 (дубленая кожа)	10—60	300—600
Сушка керамики, фарфора, литейных форм; оттаивание и сушка угля (легкая, металлургическая, транспорт)	Керамика, уголь, вода	1—10	До 100	10—30	200—400
Сушка штукатурки, железобетонных изделий (строительство)	Штукатурка, бетон, вода	1—10	70—90	240—600	500—1500
Предотвращение коррозии при хранении металлоизделий (складское хозяйство)	Металлоизделия, пленка воды	0,05—0,1	15—20	Постоянно	
Сушка овощей, фруктов, зерна, чая, табака, сахара, хлеба и др.; пастеризация молока, пива, соков (пищевая, сельское хозяйство)	Пищевые продукты, вода	1—20	60—220	1—150	До 300

берется по верхнему пределу. Предельно допустимая неравномерность нагрева лакокрасочного покрытия определяется коэффициентом

$$K_{пр} = T_{max}/T_{min}, \qquad (17.6)$$

где T_{max} — максимальная температура сушки лакокрасочного покрытия, при которой еще сохраняются допустимые отклонения твердости на всей поверхности окрашенного изделия; T_{min} — минимальное значение температуры сушки покрытия, обеспечивающее ее высыхание. Если $K_{пр}$ незначительно отличается от единицы, то сушильная камера должна быть многозонной, с регулируемой облученностью по длине и высоте; при этом окрашенные изделия не должны иметь сложную конфигурацию. При больших значениях $K_{пр}$ сложная система регулирования облученности в сушильных камерах не обязательна; сушка покрытия может производиться на изделиях более сложной конфигурации.

Достижение равномерности облученности особенно важно при сушке материалов с низкой теплопроводностью, например при обработке дерева, кожи. Равномерность распределения облученности по объекту достигается соответствием расположения излучателей или облучательных приборов форме обрабатываемого изделия. Внутренняя обшивка или отражающий свод сушильных установок часто выполняется из листового алюминия, имеющего коэффициент отражения в ИК области спектра выше 0,9. Форма отражающего свода оказывает существенное влияние на распределение облученности по поверхности изделия.

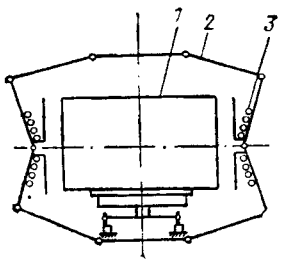


Рис. 17.4. Схема камеры для сушки лаков на фуглярах телевизоров.

1 — изделие; *2* — отражающий свод; *3* — ТЭН.

Конструкция установок сушки наиболее проста с зеркальными ЛН; кроме того, эти установки обладают малой тепловой инерцией. При размещении в сушильной камере зеркальных ЛН необходимо исключить попадание на колбы капель лака или влаги, которое может привести к растрескиванию ламп. Кварцевые галогенные ЛН выдерживают резкие перепады температуры и позволяют обеспечить уровень облученности на порядок выше, чем в установках с зеркальными лампами. Цоколи и патроны ЛН необходимо интенсивно охлаждать потоком воздуха, чтобы избежать недопустимого повышения температуры, ведущего к повреждению цокольной мастики и вводов. Установки с ТЭН и панельными излучателями обладают высокой механической прочностью, большим сроком службы, обеспечивают более равномерное распределение облученности и менее критичны к загрязнению. Однако они имеют большую тепловую инерцию, что особенно характерно для камер с панельными излучателями. На рис. 17.4 приведена схема ОСУ для сушки полиэфирных лаков на футлярах телевизоров. В качестве источников излучения использованы ТЭНы, сблокированные по 4 шт. и экранированные алюминиевыми листами для предотвращения прямого облучения изделий, которое может привести к местному перегреву, пересыханию покрытия и изменению его цвета. Отражающий свод установки имеет в сечении форму многоугольника, боковые грани которого закреплены на шарнирах и могут перемещаться при наладке установки.

В табл. 17.3 дана общая характеристика ОСУ сушки. Методика расчета установок сушки изложена в [17.12, 17.13].

17.2.3. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА

При лучистом нагреве вещества в нем могут происходить фазовые превращения, либо нет. К установкам без фазовых превращений относятся установки лучистого обогрева, установки, имитирующие тепловой барьер,

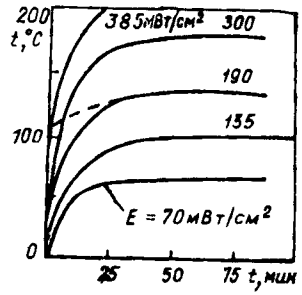


Рис. 17.5. Зависимость температуры поверхности еловой доски толщиной 20 мм от времени облучения при разных E_e, создаваемых «темными» излучателями.

установки для разрушения горных пород, для нагрева металлов перед обработкой, для предотвращения коррозии при хранении металлоизделий. К установкам второго типа относятся установки с расплавом облучаемого вещества и использованием диффузных явлений в материале (например, упрочнение материала) и установки, обеспечивающие испарение облучаемого вещества (сверление отверстий, контурная обработка материала и т. п.). Эти установки приобретают в последнее время все большее распространение в связи с использованием когерентных источников излучения.

Изменение температуры при облучении материала (рис. 17.5) в начальный момент линейно со временем, т. е. потерями энергии можно пренебречь. По мере роста температуры растут потери энергии и кривая $T=f(t)$ отклоняется от прямой линии. При уравнивании потерь и подводимой энергии наступает установившийся режим, при котором температура достигает значения T_{max}, определяемого из выражения (17.1). Ускорение процесса нагрева возможно при увеличении E_e, при этом увеличивается и T_{max}. В то же время технологическая обработка некоторых материалов может производиться только при $T \leqslant T_{доп}$, где $T_{доп}$—максимально допустимая температура для данного материала. В этом случае при достижении $T_{доп}$ ряд источников излучения в облучательной установке может отключаться, а температура поддерживается на достигнутом уровне остальными источниками излучения (штриховая кривая на рис. 17.5).

Эффективность нагрева излучением зависит от спектрального состава излучения и его соответствия спектральному поглощению и толщине нагреваемого материала. При слабом поглощении и малой толщине материала большая часть потока излучения Φ_e проходит сквозь тело и не принимает участия в его нагреве (кривая *1* на рис. 17.6). В случае сильного поглощения излучение поглощается в поверхностном слое, а нагрев глубинных слоев осуществляется за счет теплопроводности (кривая *2*). При двухслойном теле в виде пленки толщиной Δ на подложке картина усложняется. Сильно поглощающая пленка сводит ситуацию к предыдущему случаю (кривая *2* на рис. 17.6 *б*). Если пленка слабо поглощает излучение, то эффективность процесса нагрева определяется оптическими свойствами подложки. Наиболее благоприятный случай для нагрева излучением— при сильно поглощающей подложке: значительная часть теплоты $(1-\rho)\,\Phi_\Delta$ выделяется на границе подложки и слоя, а температура внутри тела выше, чем на его поверхности.

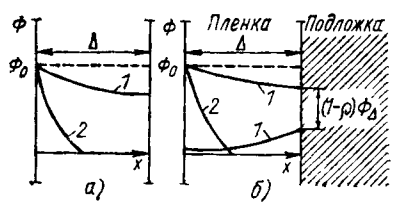


Рис. 17.6. Поглощение оптического излучения.
а — однослойным телом; *б* — пленкой на подложке.

Целесообразность применения ОИ для нагрева в основном зависит от свойств материала. Во-первых, лучистый нагрев малоэффективен для материалов с высоким коэффициентом отражения излучения. Во-вторых, из-за небольшой глубины проникновения ОИ в вещество основной областью использования ИК нагрева является нагрев тонких объектов. При большой толщине объектов возможно применение ИК нагрева для материалов с хорошей теплопроводностью. В-третьих, ИК нагрев более пригоден для объектов простой формы.

Таблица 17.4. **Общая характеристика облучательных установок нагрева**

Область применения (отрасль)	Объект нагрева (приемник оптического излучения)	Уровень облученности (ориентировочно), кВт/м²	Температура нагрева (ориентировочно), °С
Имитация теплового барьера, плавка, сварка (машиностроение, металлургия)	Корпус летательного аппарата, металлы, стекло	До 1500	1500—3100
Нагрев перед ковкой (металлургия)	Металлические заготовки, слитки	100—500	700—1250
Нагрев пластических материалов перед формованием (машиностроительная, легкая)	Пластические материалы	0,5—5	50—200
Пайка радиодеталей (электронная, радиотехническая)	Свинцово-оловянный припой	15—20	280—350
Нанесение асфальто-бетонных покрытий (строительство и ремонт дорог)	Битум	20—25	До 500
Отопление	Кожа и одежда человека	0,05—0,2	Обеспечение теплового комфорта
Терапия (медицина)	Кожа человека	До 100	До 43,5 (болевые ощущения)
Стерилизация (медицина)	Хирургические инструменты и др.	30—50	До 500

Примерами установок высокотемпературного нагрева при сварке, пайке металлов с высокой температурой плавления (до 2000 °С) являются установки УРАН-1 и УСС-1 [17.14]. Источник излучения в УСС-1—короткодуговая ксеноновая ЛСВД с водоохлаждаемыми электродами мощностью 4 кВт. В качестве концентратора используется эллиптический отражатель. Поток излучения в пятне диаметром 10 мм равен 700 Вт, при энергетической светимости в пятне диаметром 2 мм— 2300 Вт/см². Общий вид установки показан на рис. П.31, *б*.

Установки ИК отопления служат для обеспечения теплового комфорта работающих, когда применение традиционных систем отопления малоэффективно.

Для местного обогрева людей в объектах временного характера (ларьках, палатках, бараках, зимних спортивных сооружениях), а также на открытом воздухе (на террасах, балконах, верандах) используются ИК электрокамины, которые выпускаются в СССР в соответствии с требованиями, изложенными в [17.15]. Общий вид образцов электрокаминов приведен на рис. П.31, *г—е*. Руководящие указания по проектированию установок ИК отопления даны в [17.10]. Общая характеристика ОСУ нагрева дана в табл. 17.4.

17.3. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ФОТОХИМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Процесс фотохимического действия излучения можно разделить на три стадии: 1) акт поглощения, при котором появляется молекула в электронно-возбужденном состоянии, 2) первичные фотохимические процессы и 3) вторичные или «темновые» реакции, протекающие с продуктами первичных процессов. Молекулы, находящиеся в электронно-возбужденном состоянии, могут претерпеть в дальнейшем одно из следующих фотохимических превращений: фотораспад, фотоприсоединение, фотоперенос электрона, фотополимеризацию, фотоперегруппировку [17.16—17.19]. Возможны фотохимические процессы, при которых возбужденная молекула (атом) передает энергию другой молекуле, претерпевающей в дальнейшем химические превращения—фотосенсибилизированные реакции.

Облучательные установки фотохимического действия подразделяются на установки для процессов, протекающих в объеме, и установки для процессов, протекающих в поверхностном слое (рис. 17.7). В случае поверхностных процессов толщина приемника много меньше его длины и ширины. Объемные процессы происходят в объеме реагирующей среды и для получения максимального эффекта облучатели помещаются непосредственно в эту среду (газовую или жидкостную).

17.3.1. УСТАНОВКИ ОБЪЕМНОГО ФОТОХИМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Объемные фотохимические процессы охватывают достаточно большую группу производств по получению (синтезу) химических продуктов, а также процессов утилизации отходов производств. Среди них можно назвать такие, как производство капролактама, додекалактама, витамина Д и др.

Так как в фотохимическом производстве энергия излучения является одним из основных технологических параметров, его рентабельность во многом определяется генерацией излучения нужной области спектра, его рациональным перераспределением и преобразованием в реакционной зоне [17.18—17.20].

Скорость фотохимической реакции в общем случае может быть выражена так:

$$\frac{\partial N_к}{\partial t} \approx \frac{k_1}{k_2^n}\left[\int \frac{s(\lambda)}{h\nu} f(\lambda)\, d\lambda\right], \qquad (17.7)$$

где $s(\lambda)$—спектральное распределение энергии излучения, падающей на приемник; $f(\lambda)$—характеристика поглощения излучения; n — порядок реакции; k_1 — скорость образования конечного продукта $N_к$; k_2 — скорость дезактивации продуктов первичного процесса.

В тех случаях, когда k_1, k_2, n не зависят от λ, скорость фотохимического процесса может быть оценена подынтегральным выражением. При $n \gg 1$ становится несущественной и вариация подынтегрального выражения в функции λ.

В [17.19] предложен метод определения спектральной чувствительности аддитивной фотохимической реакции, основанный на измерении абсолютного выхода реакции при облучении реакционного раствора набором источников излучения с известными линейчатыми спектрами. Примеры таких источников даны в табл. 17.5.

Конструкция облучателей для объемных фотохимических процессов (рис. 17.8) предусматривает работу лампы в жидкой или газообразной среде и охлаждение лампы для исключения влияния ее тепловыделения [17.19, 17.20]. В облучателе разборного типа (рис. 17.8, *а, б*) разрядная горелка является съемной и закрепляется во внешней защитной колбе (кварц, термостойкое стекло) на специальном держателе, гарантирующем необходимое расстояние между горелкой и стенкой колбы. Держатель, как правило, одновременно служит для токоподвода и подачи инертного газа с целью охлаждения и защиты объема облучателя от проникновения взрывоопасных и химически активных веществ. Облучатель монтируется в реакторе с помощью прокладки, обеспечивающей жидкостную и газовую герметичность.

В облучателе неразборного типа (рис. 17.8, *в,г*) разрядная горелка запаивается во внешней защитной колбе из термостойкого стекла. Внешняя колба облучателя откачивается, наполняется инертным газом (азотом) и армируется цоколем. Используются цоколи во взрывозащищенном (рис. 17.8, *г*) и открытом (рис. 17.8, *в*) исполнениях. В последнем случае требования по взрывозащите обеспечиваются конструкцией токоподводящего узла, являющегося неотъемлемой частью фотореактора.

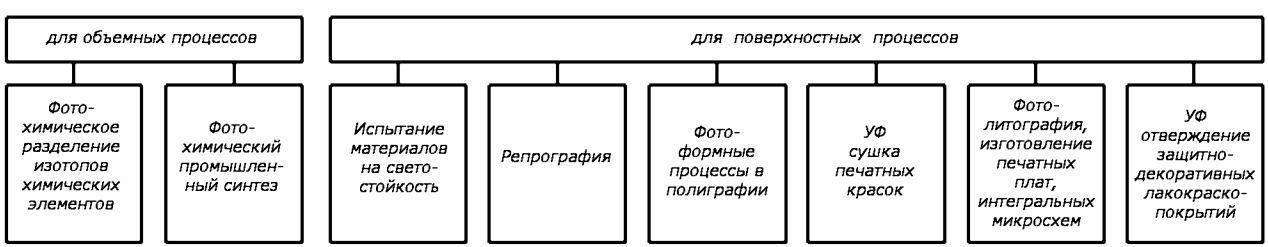


Рис. 17.7. Две группы облучательных светотехнических установок фотохимического действия.

Таблица 17.5. Характеристики квазимонохроматических источников излучения для препаративной фотохимии

Тип лампы	Спектральный диапазон излучения $\Delta\lambda$, нм	Поток излучения в диапазоне $\Delta\lambda$, Вт
ДРТ 125	250—400	15
ДРТИ 125	400—420	10
ДРТИ 125-1	400—450	10
ДРТИ 125-2	530—580	8

Примечание. Мощность ламп 125 Вт, напряжение на лампе 110 В, пусковой ток 2,5 А, рабочий ток 1,3 А, диаметр лампы 12 мм, длина 126 мм.

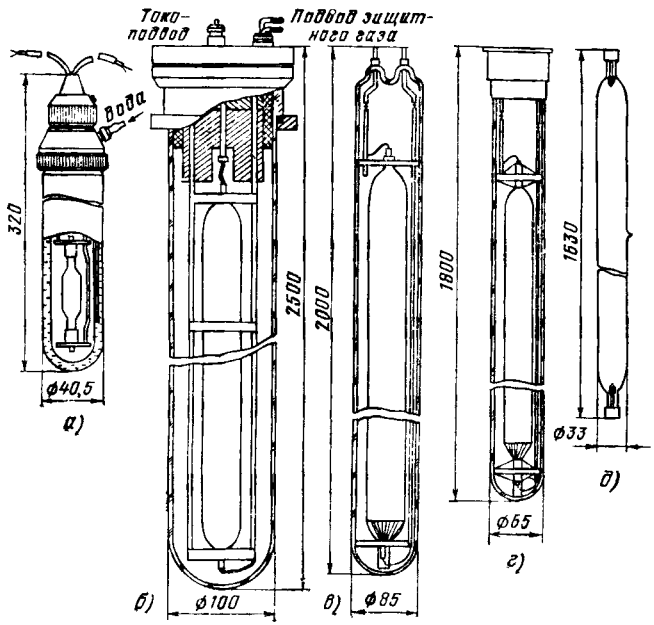


Рис. 17.8. Облучатели погружного типа для объемных фотохимических процессов.

а — облучатель для препаративной фотохимии; *б* — промышленный облучатель разборного типа; *в*, *г* — промышленные облучатели запаянного типа; *д* — ртутно-кварцевая горелка.

Во ВНИСИ разработана серия мощных облучателей погружного типа для конкретных объемных фотохимических процессов. Для производства моющих средств и эмульгаторов предназначен облучатель с РЛВД мощностью 10 кВт (без внешней колбы), имеющий поток излучения 1800 Вт в области 240—450 нм. Для производства капролактама и додекалактама предназначен облучатель с ртутно-таллиевой МГЛ мощностью 20 кВт. Габаритная длина облучателя 2200 мм, диаметр внешней колбы 85 мм, поток излучения в области 530—580 нм (наиболее эффективной для данного процесса) — 4200 Вт.

Рациональное пространственное перераспределение излучения источника для промышленных фотореакторов зависит от многих факторов, главные из которых—физико-химические параметры среды и конфигурация источника. Наиболее экономичным следует признать размещение облучателя непосредственно в реакционном растворе.

Выбор плотности облучения реакционного раствора при фотохимическом процессе зависит от скорости образования продукта реакции и скорости образования адгезионной пленки на светопропускающих стенках реактора.

В общем случае при $n \geqslant 1$ целесообразно проводить реакции при возможно больших плотностях облучения. В этом случае предел по облученности устанавливается скоростью образования адгезионной пленки. При $n < 1$ реакцию следует проводить при возможно меньших облученностях, для чего необходимо увеличить излучающую поверхность облучателя при неизменном эффективном потоке. В практике фотохимического синтеза чаще всего встречаются реакции двух типов: $n=1$ и $n=0{,}5$.

Наибольшую роль в процессах образования адгезионной пленки играет коротковолновое излучение, которое, как правило, наиболее сильно поглощается реакционным раствором. Поэтому обязательное условие оптимального проведения промышленной фотохимической реакции — фильтрование неактивного коротковолнового излучения. Второй мерой, снижающей скорость образования адгезионной пленки, является уменьшение концентрации поглощающих агентов. Однако это приводит к увеличению общей толщины слоя реагирующей среды, а следовательно, вызывает увеличение габаритов реактора, что неизбежно сказывается на капитальных затратах. Третьей мерой является покрытие светопропускающих стенок облучателя гидрофобным материалом, способствующим стеканию образовавшихся продуктов побочных реакций по стенкам облучателя.

Повышение скорости циркуляции раствора и интенсивный барботаж газов в зоне протекания реакции также способствуют уменьшению скорости образования адгезионной пленки вследствие интенсивного перемешивания раствора и обновления в пристеночном слое. Вопрос выбора скорости циркуляции раствора становится особенно актуальным в связи с созданием сверхмощных источников света, которые позволят достигнуть облученностей, на порядок превышающих облученности от известных ламп [17.19].

Расчет установки объемного фотохимического действия с источниками излучения погружного типа предусматривает определение оптимального расстояния между источниками, при котором обеспечивалось бы наиболее эффективное использование потока излучения.

Для отдельно взятого источника возможны два случая: 1) шаровой источник — сферический теплоизолирующий слой — сферический слой реагирующей среды; 2) цилиндрический источник — цилиндрический теплоизолирующий слой—цилиндрический слой реагирующей среды. При этом можно считать; что теплоизолирующий слой прозрачен для излучения, а реагирующая среда только поглощает излучение. Коэффициент использования потока излучения в этой среде зависит от толщины ее слоя, как показано на рис. 17.9 [17.21].

Примером является установка для производства лактамов (капролактама, доделактама и др.)—исходных продуктов для получения синтетических волокон и пластмасс.

Квантовый выход реакции фотонитрозирования циклоалканов, лежащей в основе фотосинтеза лактамов, невелик, в связи с чем особенно важна задача создания эффективного источника излучения. Область спектральной чувствительности данной реакции, определенная по методу использования набора квазимонохроматичных источников излучения (табл. 17.5), находится в диапазоне 400—600 нм, преимущественно в желто-зеленой области 500—600 нм [17.20]. Вредным действием обладает УФ излучение, приводящее к налипанию конечных продуктов реакции на светопропускающих стенках облучателя и последующему затуханию процесса. Поэто-

му УФ излучение при фотонитрозировании лактамов необходимо отфильтровывать. Была разработана серия эффективных ртутно-таллиевых облучателей для фотонитрозирования лактамов. Опытно-промышленный реактор фотосинтеза лактамов представляет собой аппарат

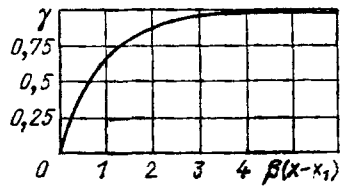


Рис. 17.9. Зависимость коэффициента использования потока излучения цилиндрического источника от параметров слоя реагирующей среды для значений $\beta=\alpha R_0/2=0{,}01\div1{,}0$; $x_1=2R_1/R_0=3{,}0\div9{,}0$ и $x=2R/R_0=0\div\infty$, где α — показатель поглощения среды; R_0, R_1, R — радиусы источника излучения, теплоизолирующего слоя и слоя реагирующей среды.

прямоугольного сечения, в котором облучатели (32 шт.) расположены в шахматном порядке и под каждым из них размещено барботирующее устройство. Равномерное размещение облучателей с правильно выбранным расстоянием между ними обеспечивает оптимальное заполнение объема реактора и высокий коэффициент использования лучистой энергии.

Другим примером объемного фотохимического процесса являются процессы сульфохлорирования и сульфоокисления углеводородов. Указанные процессы используются в производстве алкилсульфонатов из парафинов, на основе которых выпускаются различные моющие средства и эмульгаторы для получения поливинилхлоридной смолы и латексных каучуков. В данном процессе используются облучатели разборного типа с РЛВД (см. рис. 17.8, *б*) во внешней защитной колбе из кварцевого стекла.

17.3.2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ФОТОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Поверхностный фотохимический процесс происходит в тонком слое у поверхности среды, например УФ отверждение слоя лакокрасочного покрытия, образование скрытого фотографического изображения в светочувствительном слое и т. п. Последний процесс применяется в фотографии и репрографии [17.22; 17.23], фотолитографии и полиграфии [17.24, 17.25, 17.26]. В средствах репрографии используются также внутренний фотоэффект (электрофотография) и ИК нагрев (термография).

Спектральная чувствительность указанных поверхностных фотохимических процессов максимальна в области ближнего УФ и коротковолнового видимого излучения. В табл. 17.6 представлена область спектральной чувствительности наиболее распространенных в настоящее время процессов [17.27]. Большинство процессов имеет одноквантовый характер, хотя созданы фоточувствительные композиции, у которых зависимость скорости фотопроцесса от облученности отклоняется от линейной. Так, в процессах фотоструктурирования (например, в процессе сшивания циклокаучука при изготовлении фоторезистов) показатель нелинейности может достигать нескольких единиц и даже десятков [17.26].

Источник излучения для указанных процессов — ртутная ЛВД. Эта лампа состоит либо из самостоятельной горелки (см. разд. 4), либо из горелки, смонтированной в колбе из термостойкого стекла. В табл. 17.7 и на рис. 17.10 представлены лампы, выпускаемые отечественной промышленностью. Металлогалогенные ЛВД также разработаны и выпускаются для различных поверхностных фотохимических процессов (табл. 17.7, рис. 17.11). Они содержат различные добавки иодидов: галлия, свинца, индия [17.28].

В таких репрографических процессах, как ксерография или термография, применяются трубчатые и миниатюрные ЛН с галогенным циклом типа КГ и КГМ. В зависимости от $T_{цв}$ максимум спектральной плотности излучения у них сдвинут в сторону меньших или

Таблица 17.6. Некоторые характеристики приемников излучения в поверхностных фотохимических процессах

Тип процесса	Светочувствительный материал	Светочувствительное вещество	Тип первичной фотореакции	Область спектральной чувствительности, максимум спектральной чувствительности, нм	Область применения
Диазография	Диазотипные материалы	Соли диазония	Фотодиссоциация	300—500 (370—420)	Репрография (копирование)
	Светочувствительные полимеры (позитивные)	Нафтохинондиазиды		(420)	Фотоформные процессы в полиграфии
	Светочувствительные полимеры (негативные)	Азидные полимеры		(300)	То же
	Безсеребряные материалы	Азиды, бисазиды		250—400 (350)	Репрография (микрофильмирование), малая полиграфия, кинематография, телевидение
Фотолитография	Фоторезисты*	Бихроматы аммония с винниловым спиртом	То же	300—420	Изготовление печатных плат
		Полиамидные смолы, полиметакрилаты	Фотодиссоциация с последующим ростом цепи	300—400	То же
Фотополимеризация	Светочувствительные полимеры	Полиэфиры, акрилы, уретаны, эпоксиды, бутадиены	То же	300—400	УФ отверждение защитно-декоративных покрытий
		Эфироакрилаты, ненасыщенные уретаны		330—450	Фотополимерные печатные формы в полиграфии
		Жидкие акрилы с красителями		300—400	УФ сушка печатных красок в полиграфии

* Материалы, способные образовывать защитный слой и обладающие светочувствительностью.

Таблица 17.7. Параметры газоразрядных ламп высокого давления для поверхностных фотохимических процессов (см. рис. 4.50, 17.10, 17.11)

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, А	Длина дуги, мм	Габаритная длина, мм	Диаметр горелки, мм	Диаметр внешней колбы, мм	Спектральный диапазон излучения $\Delta\lambda$, нм	Поток излучения в диапазоне $\Delta\lambda$, Вт	Срок службы, ч	Область применения
ДРТ 230	230	70	3,8	60	190	20	—	240—450	22—24	1500	Препаративная фотохимия, медицина
ДРТ 400	400	135	3,25	120	265	22	—	240—450	37—39	2700	
ДРТ 1000	1000	145	7,5	175	350	32	—	240—450	125—128	1500	
ДРТск 1000	1000	580	2,0	513	645	23	37	350—450	80	2500	Репрография (светокопирование), фотолитография
ДРТ 2500	2500	850	3,4	1000	1200	21	—	350—450	—	3500	Светокопирование
ДРТ 2800	2800	1150	2,4	610	700	15	—	350—450	200	1000	»
ДРТ 5000	5000	1800	3,1	1100	1290	20	50	350—450	420	1500	
ДРТ 4000-04	4000	1900	2,4	1000	1118	14	—	360—370	220	1300	УФ сушка
ДРИ 250-2	250	110	2,6	45	230	19	58	350—450	30	700	Репрография (тиражирование микрофильмов)
ДРТИ 400	400	130	3,2	60	160	20	—	350—450	60	1000	То же
ДРТИ 600	600	135	5,4	65	165	24	—	350—450	90	1000	» »
ДРТИ 1000-3	1000	130	8,2	105	200	26	—	350—450	160	1000	» »
ДРТИ 3000	3000 (1,5; 3,0)*	235	14,0	110	230	32	—	340—400	310	500	Фотоформные процессы в полиграфии
ДРТИ 3000-1	3000 (1,5; 3,0)*	235	14,0	110	230	32	—	350—450	700	500	То же

* Ряд переключения мощности, кВт.

больших длин волн относительно $\lambda=1000$ нм (см. разд. 4).

Специальные ЛЛ применяются в репрографии в установках для изготовления светокопий на диазобумаге, а также в электрофотографических аппаратах для изготовления ксерокопий на простой бумаге. В полиграфии ЛЛ применяются для изготовления печатных форм при офсетной печати (табл. 17.8) (см. разд. 4).

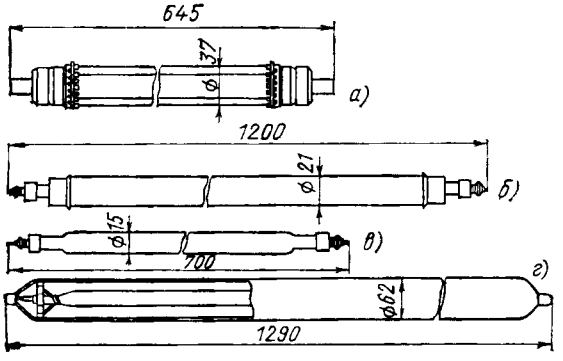


Рис. 17.10. Ртутные лампы высокого давления для светокопировальных аппаратов.

а — ДРТск 1000; *б* — ДРТ 2500; *в* — ДРТ 2800; *г* — ДРТ 5000.

Светокопировальная установка для работы с диазобумагой содержит лампу, помещенную внутри стеклянного цилиндра, вокруг которого с помощью транспортера перемещается диазобумага с плотно прижатым к нему оригиналом, изготовленным на прозрачной или полупрозрачной основе.

После экспонирования диазоматериал проявляется в специальной камере, а затем наматывается в рулон. Оригинал возвращается оператору и при повторном экспонировании все операции повторяются. На рис. П.31, *ж* представлен общий вид светокопировального аппарата СКС-1000-800, в котором используется лампа ДРТ 5000. Принцип контактного копирования также используется в диазодубликаторах и везидубликаторах— аппаратах по получению копий микрофильма с оригинала (серебросодержащей пленки) на диазопленки и везикулярные пленки (рис. П.31, *з*). Везикулярные слои

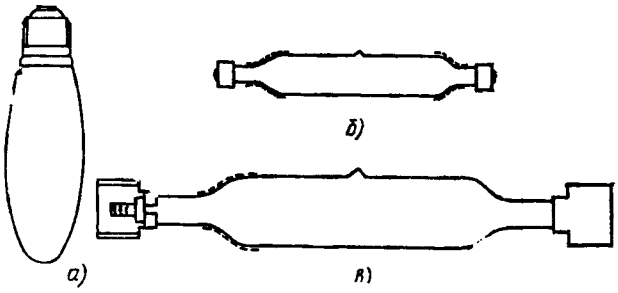


Рис. 17.11. Металлогалогенные лампы для репрографии и полиграфии.

а — ДРИ 250-2; *б* — ДРТИ 400, ДРТИ 600, ДРТИ 1000-3; *в* — ДРТИ 3000, ДРТИ 3000-1.

имеют в 2 раза больший квантовый выход, чем диазослои, и более удобны в работе, так как проявление слоя происходит не в парах аммиака, а путем термической обработки. В указанных установках используются ртутные ЛВД и МГЛ.

Электрофотографические аппараты[1] для оперативного размножения научно-технической документации позволяют переносить изображение с любого оригинала на простую бумагу. В них изображение проецируется объективом на предварительно заряженный электрически селеновый слой, покрывающий пластину или цилиндр, после чего остается скрытое изображение в виде электрического заряда, так как на светлых местах слой разряжается благодаря фотопроводимости. Затем на слой наносят порошок типографской краски с пластификатором. Порошок удерживается только на заряженных, т. е.

[1] Электрофотография не относится к фотохимическим процессам, но включена в данный параграф как технологический процесс, в котором используются специальные источники излучения.

Таблица 17.8. Параметры люминесцентных ламп для поверхностных фотохимических процессов

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение по лампе, В	Ток, А	Габаритная длина, мм	Спектральная область излучения Δλ, нм	Поток излучения в спектральном диапазоне Δλ, Вт	Срок службы, ч	Область применения
ЛУФ 40-04	40	103	0,43	1213	300—460	6	3500	Репрография (светокопирование)
ЛУФ 80-04	80	103	0,86			9,2	4000	Фотоформные процессы в полиграфии
ЛС 15-04,2	15	54	0,33	452	400—450	270*	10 000	Электрография в ротационных аппаратах типа РЭМ, в настольных аппаратах
ЛС 30-04,2	30	104	0,36	909	400—450	660*		
ЛШ 47 (щель 90°)	47	50	1,1	451	400—550	800*	750	
ЛШ 47-1 (без цоколей)				428				

* Указан световой поток в люменах.

темных, местах изображения и переносится на лист бумаги, накладываемый на пластину. Дальнейший нагрев листа вызывает плавление пластификатора и закрепляет изображение. Для освещения оригинала применяются актиничные, щелевые ЛЛ, излучающие в сине-зеленой области спектра (табл. 17.8) (см. разд. 4).

Фотолитография, фотофрезерование представляют собой виды фотохимического способа печати. Через шаблон экспонируется светочувствительный слой, нанесенный на металл. Под действием излучения изменяется растворимость слоя в определенных растворителях, поэтому при проявлении определенные участки слоя растворяются и удаляются с поверхности заготовки. Оставшийся слой в виде рисунка, определенного шаблоном, после дополнительной термической обработки служит защитным слоем при последующей операции химического травления. В качестве светочувствительных слоев используются диазослои и светочувствительные полимерные слои (табл. 17.6). Наиболее эффективны МГЛ сине-фиолетового и УФ излучения: ртутно-галлиевые, ртутно-свинцовые. Примером является установка, состоящая из облучателя типа ГСВП01-3000-001, лампы типа ДРТИ 3000 (см. табл. 17.7), ПРА 1ДБИ-3000(1500) ДРТИ/380. Лампа работает в двух режимах: дежурном 1500 Вт (постоянном) и номинальном 3000 Вт (на время экспонирования). В выходном окне облучателя предусмотрен затвор, открывающийся автоматически только на время экспонирования. Облучатель обеспечивает равномерное распределение облученности (коэффициент неравномерности около 0,8 при высоте подвеса 1 м) на поверхности стандартных копировальных рам размером 1200×1450 и 670×740 мм.

Отверждение фотополимеров под действием УФ излучения (УФ отверждение) [17.26, 17.29] используется для изготовления защитно-декоративных лакокрасочных и эмалевых покрытий на дереве в мебельной, деревообрабатывающей, радиотехнической промышленности, для УФ сушки печатных красок на бумаге, жести, поливинилхлоридных покрытий в полиграфической, пищевой и легкой промышленности; для формования деталей из стеклопластиков и т. д. Для целей УФ отверждения выпускается комплект светотехнического оборудования, состоящий из облучателя ФВПО1-4000/Г65 с лампой ДРТ 4000-04 (см. табл. 17.7), ПРА 1ДБИ-4000ДРТ/380. Указанными облучателями укомплектованы автоматические линии по производству мебельных щитов с наиесением рисунком текстуры, имитирующим ценные породы дерева (рис. П.31, *и*). Целесообразно применение РЛВД, имеющих удельную мощность 80—100 Вт/см. При этом типоразмеры ламп должны быть согласованы с размерами облучаемых поверхностей, например с шириной мебельных щитов или шириной типографской бумаги. УФ отверждение может быть ускорено при использовании ртутных ламп РЛВД в импульсном (пульсирующем) режиме горения [17.28].

Имитаторы излучения Солнца применяются для испытаний материалов, покрытий и конструкций на светостойкость в различных отраслях науки и техники, для испытания техники, предназначенной для работы в открытом космосе. В качестве источников излучения для указанных целей применяются угольные дуги, ЛН в комплекте с ЛВД (например, в камерах солнечной радиации КСР-1), ксеноновые лампы различных типов [17.30, 17.31]. Имитаторы на основе МГЛ с непрерывным спектром излучения не требуют в отличие от ксеноновых ламп фильтров в ИК области спектра.

17.4. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ФОТОБИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Облучательные установки фотобиологического действия предназначены для воздействия на биологические системы различной сложности, начиная от микроорганизмов и кончая человеческим организмом. Фотобиологические реакции независимо от того, в каком объекте они протекают, разделяются на две группы: функционально-физиологические и деструктивно-модифицирующие [17.32]. К первой группе относят энергетические (например, фотосинтез), информационные (например, фотопериодизм) и биосинтетические (например, биосинтез хлорофилла), ко второй — летальные, мутагенные и патофизиологические реакции. При функционально-физиологических фотобиологических реакциях (установки для светокультуры растений, терапевтического действия излучения и т. п.) образуются (накапливаются) продукты, необходимые для выполнения ряда естественных

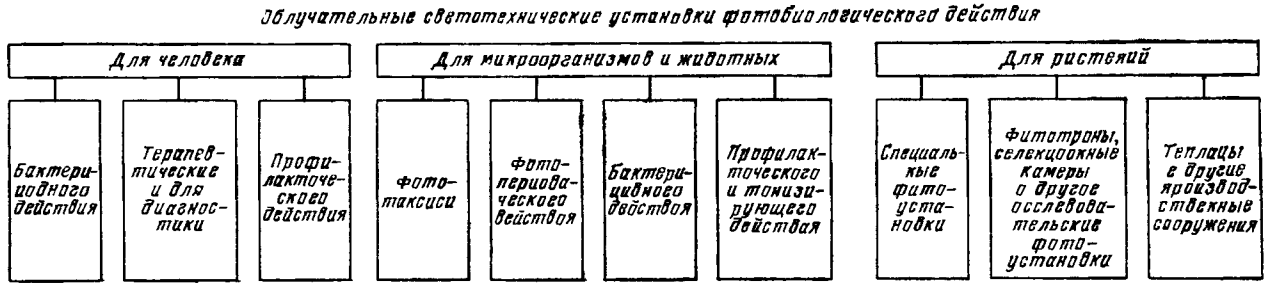


Рис. 17.12. Виды облучательных светотехнических установок фотобиологического действия.

функций клетки или организма. При деструктивно-модифицирующих фотореакциях свет не является естественным участником нормальных метаболических процессов: он повреждает готовые молекулы, побуждая их к различным превращениям, как правило, не свойственным нормальному состоянию. Указанные фотобиологические реакции находят применение в установках обеззараживания, стерилизации и т. п.

С точки зрения приемника излучения установки разделяются на облучательные устаиовки для растений (в частности, светокультуры растений), установки для животных и микроорганизмов и для человека (рис. 17.12).

17.4.1. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ РАСТЕНИЙ

Фотосинтез является наиболее распространенной в природе фотобиологической реакцией [17.33—17.38]. При фотосинтезе световая энергия трансформируется в химическую энергию органических молекул растений и микроорганизмов путем восстановления углекислого газа до углеводов, причем в большинстве случаев источником водорода при синтезе органических молекул служит вода:

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{h\nu} (CH_2O) + O_2.$$

Выделяющийся в результате фотолиза воды кислород — основной, если не единственный фактор формообразования земной атмосферы и поддержания в ней кислородного балаиса. Фотосинтез начинается с поглощения кванта света специализированными хромофорами, которые можно подразделить на три основные группы: хлорофиллы, каротиноиды и фикобилины. Комбинации пигментов в различных растениях и простейших организмах весьма различны. Однако во всех случаях обязательно присутствие хлорофилла *а* (или бактериохлорофилла) — основного пигмента фотосинтезирующего организма, через который реализуется первичное фотохимическое действие света.

Облучательные установки (см. табл. 17.9) для высших растений применяются в оранжереях и тепличных комбинатах, при ускоренном выведении новых сортов сельскохозяйственных культур и размножении ценного посевного материала в селекционных центрах страны, а также при теоретических исследованиях в области физиологии растений, биофизики, генетики. Особенно важное значение имеет светокультура растений для промышленных районов Севера и Восточной Сибири.

В условиях светокультуры энергия ОИ является действенным фактором, оказывающим влияние на рост и развитие растений. Наиболее важны три основные характеристики излучения: спектральный состав, облученность и продолжительность суточного облучения (фотопериод)[1].

Таблица 17.9

Виды фитоустановок, сооружений	Области применения энергии ОИ в растениеводстве
Теплицы и другие производственные сооружения	Фотосинтез растений (дополнительное облучение) Фотопериодизм растений (регулирование продолжительности светового дня) Облучение растений при отсутствии естественного света Облучение одноклеточных водорослей
Фитотроны, селекционные камеры, стеллажи и другие исследовательские установки	Селекционно-генетические исследования Физиологические исследования Фитопатологические исследования Исследования фотомутагенеза Фоторегуляция метаболизма грибов Облучение культуры тканей растений
Специальные установки	Облучение семян, плодов Облучение растений в замкнутых экологических системах

Излучение в спектральном диапазоне 400—700 нм играет наиболее важную роль для растений. Это излучение получило название фотосинтетически активной радиации (ФАР). В области ФАР расположены спектры поглощения большинства пигментов—фоторецепторов растительной клетки. Одновременно с энергетическим действием на растение (фотосинтезом) излучение ФАР и прилегающих областей оказывает влияние на жизнедеятельность растений через реакции, в принципе от фотосинтеза не зависящие, но определяющие как продуктивность (общую или хозяйственно полезную), так и пищевое качество растительной продукции [17.35]. Вызываемые ОИ процессы в растениях: фототропизм, т. е. индуцированное светом движение части биологического объекта (растения); фотоморфогенез, т. е. регуляторное влияние света на рост и развитие растений, прорастание семян, рост стебля, клеточное дыхание; фотопериодизм, т. е. ритмичное изменение разнообразных морфологических, биохимических и физиологических свойств и функций организмов под влиянием чередования и длительности световых и темновых интервалов, а также фотосинтетические реакции таких агентов основных процессов фотосинтеза, как хлорофилл, каротиноиды и т. п. Все эти процессы имеют свои характерные спектры действия, уровни облучения и т. п. [17.35].

[1] В последнее время придают значение четвертому фактору — структуре светового поля.

Таблица 17.10. Источники излучения для светокультуры растений

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Рабочее напряжение лампы, В	Ток, А	Световая отдача, лм/Вт	КПД ФАР, %	Срок службы, тыс. ч	Габариты, мм
ЛБ 40	40	220	103	0,43	78	22	12	40×1199
ЛФ 40-1	40	220			42	15		40×1199
ЛФ 40-2	40	220			40	15		40×1199
ЛФР 150*	150	380	90	1,9	1150***	15	6	40×1524
ДРЛ 2000	2000	380	270	8	60	15	6	187×445
ДРЛФ 400*-1	400	220	135	3,25	32	10	7	152×368
ДРВ 750*	750	220	220	3,4	26**	7—8	2	152×368
ДРФ 1000*	1000	220	130	9,0	90**	20	2	208×342
ДРИ 2000-1	2000	380	230	10,3	85	30	1	100×500
ДРИ 2000-6		380	230	9,5	95	26	2	100×420
ДМЗ 3000	3000	380/220	106	15(21)	80		1,5	187×450
ДНаТ 400	400	220	125	4,2	112,5	27	15	62×225
ДКсТЛ 10000	10 000	220	220	46	24	13	1	26×1190

* Лампы с направленным светораспределением, не требующие отражателя.
** Фитоотдача (мфт/Вт), определенная по эффективному фитопотоку (мфт), приведенному в ТУ в соответствии с ОСТ 160.689.027-74.
*** Сила света, кд.

В более широком спектральном диапазоне выделяются следующие условные участки в соответствии с их влиянием на физиологические процессы:

более 1000 нм — только тепловое воздействие;

1000—700 нм — в основном эффект вытягивания стебля;

700—400 нм — основная для жизнедеятельности растений область спектра (ФАР);

400—315 нм — (УФ А) — формативный эффект;

315—280 нм — (УФ В) — излучение вредно для большинства растений;

короче 280 нм — (УФ С) — растения быстро гибнут.

Фитофотометрическая оценка излучения основана либо на энергетической, либо на эффективной системе величин, оценивающей излучение с помощью селективной функции фотосинтезной эффективности [17.39], определенной расчетным путем для «среднего листа». Указанная система обладает рядом преимуществ, свойственных системам эффективных величин, однако практическую ее ценность для светокультуры существенно снижает отсутствие в ряде случаев прямой корреляции между интенсивностью фотосинтеза и продуктивностью растений [17.35, 17.37, 17.40].

Энергетическая система оценки излучения приписывает равнозначное действие излучению любого спектрального диапазона в пределах спектральной области ФАР от 400 до 700 нм [17.41]. Использование энергетической системы величин оправдано при не совсем еще сложившихся представлениях о закономерностях влияния спектрального состава излучения на растения.

Примерами работ, направленных на уточнение «спектральных функций» хозяйственной эффективности ОИ в различных фитоустановках, являются [17.42, 17.43].

Источники ОИ (табл. 17.10, рис. 17.13) находят различное применение в светокультуре растений. Люминесцентные лампы (см. разд. 4) имеют КПД ФАР до 22 %, дешевы, долговечны и доступны, но для них характерна низкая концентрация мощности, что не позволяет создать в фитоустановке высокие уровни облученности. Этот недостаток отчасти устранен в рефлекторных ЛЛ мощностью 150 Вт типа ЛФР 150, применяемых для облучательных установок стеллажной конструкции. Ртутные ГЛВД типа ДРЛФ с люминофором с повышенной долей излучения в красной части спектра имеют КПД ФАР 10 % при мощности 400 Вт (ДРЛФ 400), выпускаются с рефлекторным покрытием на внешней колбе и входят в комплект облучателя ОТ400. Их достоинства — большая концентрация мощности высокий срок службы, низкая стоимость и благоприятные спектральные характеристики, недостаток—низкий КПД ФАР. В еще большей степени это относится к лампам «смешанного излучения» типа ДРВ 750, состоящим из ртутной разрядной горелки и смонтированной во внешней колбе вольфрамовой спирали, играющей роль балласта (см. разд. 4). Ксеноновые трубчатые лампы типа ДКсТ благодаря большой мощности обеспечивают очень высокие облученности ФАР. Их недостатки — высокая доля ближнего ИК излучения, наличие УФ излучения с $\lambda < 300$ нм, низкий КПД ФАР—ограничивают их применение в светокультуре. Натриевые ЛВД и МГЛ имеют наиболее высокий КПД ФАР 24—30 %, что открывает им широкие перспективы использования для светокультуры растений.

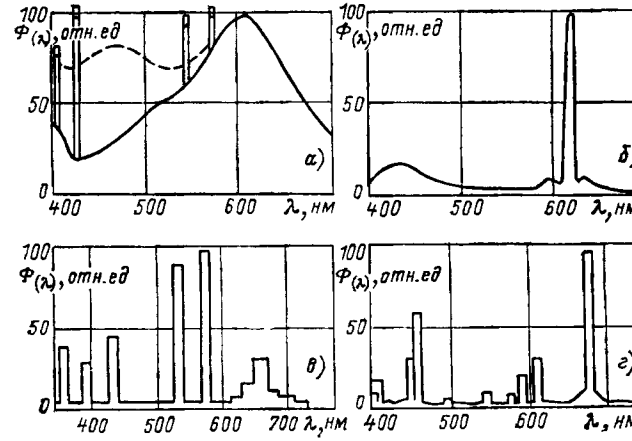


Рис. 17.13. Спектры в области ФАР источников ОИ, разработанных специально для облучения растений.
а — ЛФ 40-1 (———) — ЛФ 40-2 (— — —); *б* — ЛФР 150; *в* — ДРЛФ 400; *г* — ДРФ 1000.

Излучение МГЛ типа ДРФ 1000 с добавками йодидов индия и лития сконцентрировано в области максимумов спектра поглощения хлорофилла. Фотобиологическими экспериментами [17.42] на овощных культурах, принадлежащих к трем различным видам, показано, что существует возможность дальнейшей оптимизации спектральных характеристик МГЛ с добавками GaI_3 и LiI,

Таблица 17.11. **Параметры серии селективных металлогалогенных ламп для фотобиологических исследований**

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Спектральный диапазон излучения $\Delta\lambda$, нм	Поток излучения в диапазоне $\Delta\lambda$, Вт	$\frac{\Phi_{\Delta\lambda}}{\Phi_{\text{фар}}}$, %	Габариты, мм
ДРТИ 1000	1000	220	400—420	130	84	32×200
ДРТИ 1000-1	1000	220	400—450	130	85,5	32×200
ДРТИ 1000-2	1000	220	530—580	120	84,5	32×200

максимумы излучения которых лежат в диапазонах 400—435 и 580—680 нм. Для изучения спектра действия ОИ на конкретные сельскохозяйственные культуры пригодны селективные МГЛ, излучение которых сконцентрировано в отдельных диапазонах ФАР (табл. 17.11).

Облучательные приборы, предназначенные для светокультуры растений в селекционных и промышленных теплицах, вегетационных камерах, шкафах и стеллажах, представлены в табл. 17.12 и на рис. П.32, *а—д*. Наибольшее распространение в теплицах и вегетационно-климатических сооружениях получили облучатели типа ОТ400, отличающиеся простотой конструкции и надежностью в эксплуатации. Для облучения больших площадей тепличных и вегетационных комплексов используются облучательные установки типа СОРТ1-10000 с ксеноновыми лампами ДКсТЛ 10000. Облучательные приборы типов ОТ1000, РСП15 и серии ОГС01 позволяют с меньшими более чем в 2 раза затратами энергии по сравнению с ОТ400 и ССП03-750 обеспечить необходимые для интенсивной светокультуры уровни облученности. Облучательный прибор на основе плоского световода позволяет использовать линейные источники света для создания большой светящейся поверхности [17.44]. Другим возможным направлением в конструировании облучательных приборов для светокультуры является использование зеркальных отражающих поверхностей—сводов, с помощью которых достигается коэффициент использования светового потока порядка 70 % [17.2]. В этих установках световой поток высокоинтенсивных источников перераспределяется на рабочую поверхность в процессе однократного отражения расположенными в пространстве зеркальными отражателями (рис. П.32, *е*).

Расчет ОСУ для светокультуры растений производится обычными в светотехнике методами [0.11, 0,26]. На рис. 17.14 приведены кривые силы света облучателей, другие необходимые для расчета данные содержатся в табл. 17.12.

Для селекционных исследований промышленностью выпускается несколько типов фитокамер (шкафов) и стеллажей, в ОСУ которых используются рассмотренные выше источники излучения и облучатели. Примером таких установок являются СУВР, СВ-1Л и ВКШ-73.

Нормы облученности в установках светокультуры принимаются с учетом условий естественного освещения. В осенне-зимнее время доля естественного освещения снижается в сравнении с летними условиями в 60—100 раз при сокращении длины светового дня в 2—3 раза. Для компенсации недостатка естественного излучения при облучении рассады овощных культур с помощью искусственных источников ОИ в средних широтах необходимо создание уровней облученности 25—60 Вт/м², для цветочных или декоративных растений они могут быть несколько ниже—15—30 Вт/м². В селекционных теплицах, фитотронах и фитокамерах без естественного освещения должны быть существенно более высокие уровни облученности 100—

Таблица 17.12. **Параметры облучательных приборов и устройств для светокультуры растений**

Тип прибора, устройства	Мощность, Вт	КПД облучателя, %	Габаритные размеры, мм	Масса, кг (вместе с ПРА)	Тип лампы
ОТ400	400	90	500×140	8,0	ДРЛФ 400
ССП03-750-01	750	85	550×320	3,5	ДРВ 750
ОТ1000	1000	90	660×170	15	ДРФ 1000
О2ДП2000	2000	80	2600×500×500	50	ДРИ 2000
О20П2000	2000	75	1460×500×500	40	ДРИ 2000
СОРТ1-10000	10 000	60	1620×360×430	30	ДКсТЛ 10000
ОГС01 «Фотос»	1000, 2000, 3500	65 и 75	580×420×350	20 35 50	ДРИ 1000, ДРИ 2000 ДРИ 3500
ПОУ-1, -2 (Светотрон)	24 000, 72 000	80	36 000×4000×1500	600—1300	ДРИ 2000

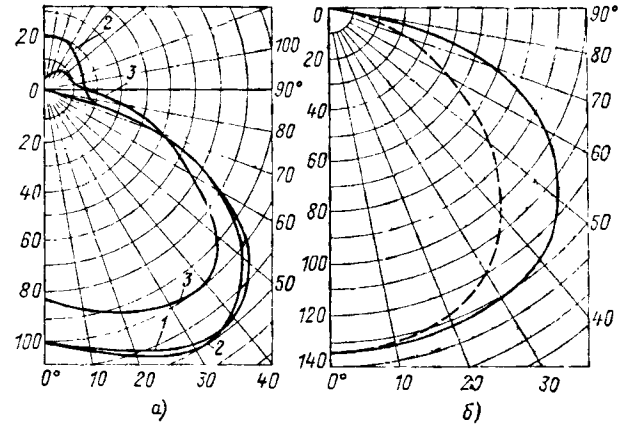


Рис. 17.14. Кривые силы света облучателей для светокультуры растений.

а — РСП15; ДРФ 1000, ДРЛФ 400 (соответственно кривые *1, 2, 3*); *б* — ФОТОС с ДМЗ-3000; — — — — — поперечная и ——— продольная плоскости.

Таблица 17.13. **Характеристика облучательных установок для дополнительного облучения рассады растений (в расчете на один тепличный модуль площадью 230 м²) при облученности в области ФАР $E \approx 20$ Вт/м²**

Тип облучательного прибора	Нормируемая удельная мощность, Вт/м²	Количество облучательных приборов, шт.	Высота подвеса, м	Тип лампы	Коэффициент использования светового потока, %	Расход электроэнергии за период 500 ч, кВт·ч
ОТ-400	220	125	1—1,2	ДРЛФ 400	55	$25 \cdot 10^3$
РСП-15	114	14	1,8—2,0	ДРЛ 2000	63	$14 \cdot 10^3$
СОРТ 1-10000	300	7	3,0—3,5	ДКсТЛ 10 000	60	$35 \cdot 10^3$
ОГС01-1000	80	18	2,0—2,2	ДРИ 1000	60—80	$9 \cdot 10^3$
ПОУ-1 (Светотрон)	70	8 ламп	3,5	ДРИ 2000	70—80	$8 \cdot 10^3$

300 Вт/м². Применение облучательных установок в тепличном овощеводстве позволяет на 20—40 % увеличить урожай огурцов, на 15—20 %—томатов, на 50—70 %—салата; получить первые плоды томатов в апреле, а огурцов — в феврале — марте при посадке растений в декабре-январе. Параметры установок для досветки рассады и примеры действующих установок в теплич-

иых хозяйствах приведены в табл. 17.13. Досвечивание растений в теплицах в осенне-зимний период в условиях Севера требует уровней облученности 100—500 Вт/м². Досвечивание компенсирует сокращение длины светового дня. Разработка строго обоснованных норм облученности с учетом видовых особенностей культур является важнейшей и неотложной задачей производственной светокультуры растений. Решение ее позволит повысить экономичность ОСУ для светокультуры, улучшить качество растительной продукции и повысить урожайность культур.

17.4.2. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Простейшие виды фотобиологического действия излучения (например, гибель бактерий) достаточно строго подчиняются закону Бунзена—Роско. В большинстве же фотобиологических процессов указанная зависимость существенно усложняется, отклоняясь от закона взаимозаменимости. В практике построения облучательных установок основной величиной, характеризующей действие ОИ, принято считать энергетическую экспозицию (количество облучения). Минимальная экспозиция, при которой впервые возникает реакция организма, называется пороговой дозой облучения. Из всех известных форм воздействия ОИ на живой организм наибольшее применение находят такие виды фотобиологического действия как профилактическое и терапевтическое бактерицидное и фотопериодическое. На человеческий организм ОИ оказывает общеукрепляющее действие, ликвидируя «солнечное голодание», а также терапевтическое действие при лечении больных хроническим тонзиллитом, ревматизмом, рахитом, полиартритом, псориазом и др.

Первичным видимым проявлением профилактического действия ОИ является появление эритемы (покраснение кожи), которая сменяется пигментацией — загаром. Экспозиция, вызывающая едва заметную эритему, называется минимальной эритемной дозой или бнодозой. Эффект эритемы вызывает ОИ в достаточно широком спектральном диапазоне $\Delta\lambda = 240 \div 320$ нм (рис. 17.15), однако в связи с тем, что излучение с $\lambda < 280$ нм является в основном вредным для человека, эффективность профилактического действия УФ излучения принято оценивать значениями функции относительной спектральной эритемной эффективности при $\lambda > 280$ нм, распространенной на основе рекомендаций [17.45] до $\lambda \approx \approx 400$ нм[1]. Определение эритемного потока дано в разд. 1.

Минимальная эритемная экспозиция приблизительно равна 80—100 мэр·ч/м². Для характеристики интенсивности эритемного солнечного излучения укажем, что эритемная облученность у поверхности земли в майский полдень на широте 45° равна 0,12 эр/м². При высоте солнцестояния $h = 30°$ плотность эритемного излучения уменьшается до 0,02 эр/м², при $h = 20°$ — до 0,0026 эр/м². Более подробные сведения об УФ радиации Солнца на территории СССР можно найти в [17.46].

Искусственными источниками эритемного излучения могут быть ГРЛ низкого и высокого давления. В табл. 17.14 приведены параметры некоторых выпускаемых отечественной промышленностью источников, используемых для профилактических и терапевтических целей для облучения как людей, так и сельскохозяйственных животных.

В [17.47] приводятся указания по проектированию и эксплуатации установок профилактического облучения

[1] Строго говоря, для тех фотобиологических эффектов, для которых определяют пороговое значение, функция относительной спектральной эффективности верна только для соответствующей пороговой величины.

Таблица 17.14. Параметры источников излучения для эритемных и лечебных ОСУ

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение сети, В	Напряжение на лампе, В	Срок службы, ч	Габариты, мм L	Габариты, мм D	Эритемная облученность на расстоянии 1 м, мэр/м²	Эритемный поток, мэр
ЛЭ 15-ХЛ4.2*	15	127	54	5000	451,6	30	40	—
ЛЭ 30-1-ХЛ4.2*	30	220	104	5000	908,8	30	95	—
ЛЭР 30*	30	220	104	3000	909,6	30	120	—
ЛЭР 40*	40	220	103	3000	1213,6	40	140	—
ЛУФЦ 4	4	127	30	1500	136	16	25**	—
ДРВЭД 220-160	160	220	220	1500	190	127	45	350
ДРВЭД 220-250	250	220	220	1500	190	127	100	600

* По длине и электрическим параметрам лампы взаимозаменяемы со стандартными люминесцентными лампами той же мощности по ГОСТ 6825-74. В лечебных ОСУ могут применяться также люминесцентные лампы ЛУФ 40-04 и ЛУФ 80-04, характеристика которых приведена в табл. 17.8.

** Облученность, мВт/м², на расстоянии 1 м в спектральном диапазоне 300—400 нм.

для контингентов населения, которые в силу географических условий или по характеру и условиям работы полностью или частично лишены естественного света. В соответствии с этими указаниями могут быть осуществлены установки длительного и кратковременного действия. Методы их проектирования и расчета основываются на общих для светотехники принципах [11, 23]. Необходимо учитывать более низкие (чем в видимой области) значения коэффициента отражения используемых строительных материалов. Ниже приведены значения коэффициента отражения некоторых материалов, порошков и красок (для $\lambda \approx \approx 280 \div 320$ нм), которые необходимы для проектирования и эксплуатации профилактических установок [17.46].

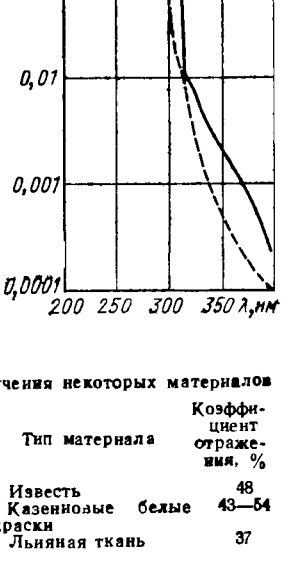


Рис. 17.15. Функции относительной эритемной (*1*) и бактерицидной (*2*) эффективности.

Характеристика отражения УФ излучения некоторых материалов

Тип материала	Коэффициент отражения, %	Тип материала	Коэффициент отражения, %
Окись магния	95	Известь	48
Углекислый кальций	83	Казеиновые белые краски	43—54
Мел	63	Льняная ткань	37
Свинцовые белила	50		

Установки длительного действия предусматриваются в помещениях с постоянным пребыванием людей в количестве не менее 10 чел.; высота помещения рекомендована не более 8 и не менее 3 м при площади, приходящейся на 1 чел., не более 6 м². Нормы эритемной облученности в горизонтальной плоскости на уровне 1 м от пола, а также дозы облучения должны соответствовать табл. 17.15. Установки включают в течение осенне-зим-

Таблица 17.15. **Расчетные нормы эритемного облучения для профилактических установок длительного и кратковременного действия**

Наименование помещений	Длительность облучения	Облученность, мэр/м²			Доза за сутки, мэр·ч/м²		
		минимальная	максимальная	рекомендованная	минимальная	максимальная	рекомендованная
1. Для облучательных установок длительного действия — горизонтальная плоскость, 1 м от пола							
Производственные помещения без естественного света	8 ч	1,5	7,5	5,0	12	60	40
Общественные здания (лечебные учреждения, детские учреждения — ясли, детские сады, школы)	4—6 ч	1,5	7,5	5,0	6—9	30—45	20—30
2. Для облучательных установок кратковременного действия — вертикальная плоскость, 1 м от пола							
Фотарин — по линии прохода	3 мин	120	600	400	6	30	20

него и раннего весеннего периодов года с учетом светоклиматических особенностей местности (географической широты). Для районов севернее 60° с. ш. — с 1 ноября по 1 апреля, для средней полосы (50—60° с. ш.) — с 1 ноября по 1 марта, южнее (50—45° с. ш.) — с 1 декабря по 1 марта.

В качестве примера может служить установка длительного действия, имеющаяся на камвольном комбинате в г. Иваново. В ткацком цехе этого комбината эритемные лампы ЛЭ-30-1 встроены в светильники ЛВП-02, которые располагаются в шахматном порядке между основными светильниками. Количество эритемных светильников — 12 на каждые 100 м² площади ткацкого цеха, облученность в цехе — 6—7,5 мэр/м². С внедрением эритемной облучательной установки заболеваемость работниц, особенно острыми респираторными заболеваниями, снизилась более чем на 20 %.

Фотарии являются установками кратковременного действия. Они предусматриваются на тех предприятиях, где установки длительного действия по техническим, производственным, технико-экономическим и гигиеническим условиям устраивать непосредственно в рабочих помещениях нецелесообразно или недопустимо. Фотарии предусматриваются [17.47] для работающих на подземных работах, для рабочих, не имеющих постоянных рабочих мест и фиксированных зон обслуживания, и т. п. Во всех случаях фотарии функционируют в те же сезонные периоды, что и установки длительного действия, но облучение проводится по 2—3 мин ежедневно. Нормы облучения для фотариев приведены в табл. 17.15. На фото П.32, *ж* приведен пример фотария проходного типа. Помимо описанных фотариев получают распространение фотарии-пляжи, в которых облучатели монтируются на потолке специального помещения, а процедуры облучения принимают, лежа на песке или койках.

Наряду с установками профилактического действия все большее распространение получают облучательные установки для лечения и диагностики [17.48].

Часто для лечебного и профилактического облучения используются одни и те же облучатели. Так, для групповых ОСУ, применяемых как в специализированных физиотерапевтических кабинетах, так и в фотариях, применяют облучатели типов ОМУ и ОЭП, а для местных облучений участков тела — ОПУ. Для локального УФ облучения слизистой оболочки носа, глотки и миндалин выпускаются облучатели типа ОН-82 [17.49]. Для лечения желтухи новорожденных (с повышенным содержанием билирубина в крови) применяют фототерапевтический метод [17.48]. При облучении больного билирубин разрешается до простейших форм, растворимых в воде, и выводится из организма. Наиболее быстро процесс фоторазрушения билирубина идет под действием области спектра $\Delta\lambda = 430 \div 500$ нм. В Ленинградском педиатрическом институте успешно испытана ОСУ для лечения желтушного синдрома, основным элементом которой является облучатель с шестью ЛЛ типа ЛД40 и синим светофильтром. Эффективными для указанной цели являются МГЛ с добавкой йодида индия, излучающие в области 410—460 нм.

Лечение хронических кожных заболеваний (дерматозов) особенно эффективно при сочетании фотосенсибилизирующих препаратов (псораленов) с облучением пораженных участков кожи длинноволновым УФ излучением: $\Delta\lambda = 320 \div 400$ нм. Особенно благоприятным оказался этот метод при лечении псориаза. Начальная биодоза при лечении псориаза составляет 1,4—4,8 Дж/см$^{-2}$ (УФ А), постепенное ее увеличение производят с учетом индивидуальной реакции больного. Для полного излечения необходимо от 6 до 50—55 сеансов облучения. Установка для лечения псориаза, в которой используются 22 шт. ЛЛ типа ЛУФ-80, успешно прошла клинические испытания.

Для целей диагностики заболеваний внутренних органов, раннего обнаружения экземы и других дерматозов, а также в хирургии используются УФ облучатели с лампами ДРБ8 (зона С), ЛУФ4 со светофильтром УФС-6 (зона А) и др. [17.48]. Примером таких устройств является облучатель типа БОД-9 с двумя лампами типа ДРБ-8 и с рабочим размером облучаемой поверхности 0,2×0,35 м [17.49].

Приведенные здесь примеры свидетельствуют о том, что используемая в настоящее время система эритемных величин и единиц не может адекватно описывать меру реакции всех условных «приемников» ОИ (соответствующих определенным фототерапевтическим эффектам). Поскольку вряд ли оправданным является дальнейшее увеличение числа систем эффективных величин, целесообразной альтернативой следует признать предложения о переходе к энергетическим измерениям ОИ в установках рассматриваемого типа.

17.4.3. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ

Назначение облучательных установок — исключение «солнечного голодания» или УФ недостаточности при безвыгульном содержании животных. Облучение может быть как длительным, так и кратковременным. Длительность облучения рассчитывается, исходя из параметров конкретной установки и требуемой дозы облучения.

Вид и возрастная группа животных	Доза облучения за сутки, мэр·ч/м²
Коровы и быки	270—290
Телята до 6 мес.	120—140
Телята старше 6 мес.	160—180
Поросята-сосуны	20—25
Поросята на откорме и свиноматки	80—90
Ягнята	220—240
Овцематки	245—260
Цыплята и куры	20—50

Следует учитывать, что организм животных медленно адаптируется к УФ излучению. Поэтому программу облучения задают вначале частями с перерывами в не-

Таблица 17.16. **Параметры облучателей (эритемных, тепловых и бактерицидных) для животноводческих помещений**

Наименование	Тип используемой лампы	КПД, %	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
Эритемный облучатель ЭО1-30М	ЛЭ 30	70	6,65	1025×258×595
Эритемный облучатель ОРК-2	ДРТ 400	—	11,2	360×215×230
Светильник облучатель ОЭСПО2-2×40	ЛБР 40 ЛЭР 40	70	9,5	1325×570×190
Бактерицидный облучатель ОБН	ДБ 30	—	4,5	985×350×150
Бактерицидный облучатель ОБП	ДБ 30	—	4,0	985×280×120
Бактерицидный облучатель ОБУ1-30	ДБ 30	70	6,6	1025×265×167
Инфракрасный облучатель ССП01-220	ИКЗК 250	75	2,4	330×390
ИКУФ — облучательная установка	ИКЗК 250 и ЛЭ 15	70—75	7	880×200×270
Установка ЛУЧ	ЛЭ 15 и ИКЗК 250	—	5,9	520×400×245

сколько суток. К полной дозе можно переходить через 10—15 дней [17.50].

В табл. 17.16 и 17.17 приведены технические характеристики облучателей и ОСУ, используемых в настоящее время в животноводческих помещениях. На рис П.32, з приведен один из новых облучателей типа ИКУФ.

К облучательным установкам профилактического и терапевтического действия можно отнести также установки ИК обогрева (см. § 17.2). При этом наиболее перспективным для локального обогрева является ИК излучение с длиной волны 760—4200 нм, характеризующееся значительным тепловым действием, благотворно влияющим на организм животных. Установки используются как для предупреждения переохлаждения организма, так и в лечебных целях (например, для лечения различных воспалительных процессов). Отмечается усиление биологических процессов в организме, повышение тонуса и естественных защитных сил организма. Для ИК обогрева могут использоваться как «светлые», так и «темные» излучатели.

Фотопериодическое действие ОИ на живой организм хорошо известно, хотя его механизм до конца не изучен. Периодичность освещения животных, птиц и пушных зверей влияет на функцию половых желез, центральную нервную систему, а через нее рефлекторно и на другие органы. Важную роль играют уровень освещенности и цветность излучения: так, красный свет повышает активность, увеличивает кровяное давление и ритм дыхания; зеленый — успокаивает, обостряет слух, снижает внутриглазное давление; фиолетовый — угнетает, тормозит реакцию, понижает ритм дыхания и частоту сердечных сокращений. В табл. 17.18 приведены некоторые рекомендации по оптимальной продолжительности светового дня, способствующие повышению продуктивности сельскохозяйственных животных и птиц [17.50].

Таблица 17.18. **Рекомендации по продолжительности светового дня для сельскохозяйственных животных и птиц**

Вид и возраст животных, птиц и пушных зверей	Продолжительность светового дня, ч	Уровни освещенности, лк*	
		при ГЛ	при ЛН
Крупный рогатый скот:			
откормочное производство	8—10	50	20
молочное производство	14—16 (при лактации — 18 ч)	75	30
Свиньи:			
молодняк	12	75	30
откорм	10—12	50	20
Овцы	Сокращение светового дня до 8 ч в летний период	—	30
Куры-несушки	7—10 ч в начале яйцекладки с увеличением к концу до 12—14 ч	75	30
Цыплята-бройлеры	С 24 ч при рождении до 16 ч к 80 дням выращивания	75	30
Кролики	18	75	50

* Нормы освещения для животноводческих и птицеводческих сооружений приведены в разд. 12.

17.4.4. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ БАКТЕРИЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ

Коротковолновое УФ излучение приводит к деструктивно-модифицирующим фотореакциям в живых организмах с летальным исходом (бактерицидное действие). Как правило, спектры действия летального эффекта имеют выраженный нуклеиновый максимум при $\lambda = 260 \div 265$ нм. Однако для отдельных организмов описаны как чисто «белковые» (с максимумом при $\lambda = 280$ нм), так и смешанные (с максимумами при $\lambda = 260$ и $\lambda = 280$ нм) спектры летального эффекта. Слабым инактивирующим действием на клетки обладает и ближ-

Таблица 17.17. **Примеры облучательных установок для животноводческих и птицеводческих помещений**

Тип установки	Тип облучателя	Животноводческое помещение	Площадь, м²	Количество облучателей, шт.	Доза облучения, мэр·ч/м²	Показатели влияния облучения на животных
Эритемного действия	ЭО1-30М	Коровник на 200 голов	1458	140	280	Повышение удоев на 9 %
		Телятник на 228 голов	986	80	130	Повышение привесов на 10 %
		Птичник на 20 000 голов	1728	49	40	Увеличение яйценоскости на 12 %
		Свинарник	972	65	70	Повышение привесов на 10 %
Теплового и эритемного действия	ИКУФ ССП01-250	Телятник на 228 голов	986*	37	—	Увеличение привесов до 15 % и сохранности до 10 %
				64	—	
	ИКУФ ССП01-250	Свинарник	972**	26	—	Увеличение привесов до 20 % и сохранности до 15 %
				52	—	
Фотопериодического действия	ЛСП15-2×40	Птичник на 20 000 голов	1728	85	75 лк 14 ч	Увеличение яйценоскости на 10 %

* Высота подвеса облучателей 1,4 м.
** Высота подвеса 0,7 м.

Таблица 17.19. Параметры бактерицидных источников излучения

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток лампы, А	Габаритные размеры, мм	Бактерицидный поток, бк	Бактерицидная отдача, бк/Вт	Срок службы, ч
ДБ 15	15	50	0,33	452,4×30	2,5	0,133	3000
ДВ 30-1	30	108	0,36	909,6×30	6	0,2	5000
ДВ 60	60	108	0,7	909,6×30	8	0,133	3000
ДРВ 8-04.2	8	55	0,17	315×17	3	0,375	4500
ДРТ 400	400	135	3,25	265×22	10,5	0,028	2700
ДРТ 1000	1000	135	7,5	350×32	39,5	0,0395	1500
ДРТ 2500	2500	850	3,4	1200×31	60	0,024	3500

нее УФ излучение ($\lambda > 320$ нм), одинако необходимые дозы при этом увеличиваются на несколько порядков [17.32]. Разные виды микроорганизмов обладают различной чувствительностью к воздействию УФ излучения, причем устойчивость бактерий определяется как их природой, так и фазой их развития. Наиболее чувствительны к воздействию УФ излучения бактерии, находящиеся в воздухе в капельной фазе; напротив, споровые формы бактерий чрезвычайно устойчивы к воздействию УФ излучения. Недостаточно интенсивное УФ излучение может привести к стимуляции роста микробов, что следует учитывать при расчете мощности бактерицидных установок. Эффективность бактерицидного (летального) действия ОИ характеризуется кривой относительной спектральной бактерицидной эффективности (см. рис. 17.15), распространенной на основе рекомендаций [17.45] до $\lambda \approx 400$ нм (см. разд. 1).

Установки бактерицидного действия применяются для обеззараживания воздуха помещений (в лечебных и детских учреждениях, в некоторых промышленных помещениях и административных зданиях), питьевой и минеральной воды, пищевых продуктов, тары и т. п.

Источниками бактерицидного излучения могут быть ГЛ как низкого, так и высокого давления (табл. 17.19).

Бактерицидная экспозиция (доза), равная 8,3 мбк×ч/м², является минимально необходимой для полного уничтожения бактерий в воздухе. Это значение обычно принимается в качестве нижней границы. Верхняя граница дозы бактерицидного облучения соответствует 40 мбк·ч/м². В случае проведения обеззараживания воздуха в присутствии людей следует избегать плотности бактерицидного излучения более 5 мбк·м² при ежедневном пребывании людей в облучаемом помещении 8 ч и более 1 мбк/м² — при круглосуточном. Эффективным является использование бактерицидных облучателей (ламп) в каналах приточно-вытяжной вентиляции.

Для быстрой дезинфекции воздуха в больничных помещениях при отсутствии в них людей используется простой по конструкции бактерицидный передвижной облучатель типа ОБПе-450 с шестью открытыми УФ лампами типа ДБ 30-1. Включение облучателя на 10—15 мин является достаточным для обработки помещения объемом до 100 м³. Для постоянной дезинфекции воздуха экранированным УФ излучением в присутствии людей (в процессе перевязывания, операции и т. д.) применяется облучатель типа ОБШ-150, содержащий две лампы типа ДБ 30-1 и отражатель с углом поворота 180°. Этот же облучатель может быть использован для экстренной обработки различных предметов, потолка и стен помещения в отсутствие людей при соответствующем повороте отражателя [17.49].

Обеззараживание воды бактерицидным излучением по сравнению с хлорированием снижает стоимость очистки в 2—3 раза и обеспечивает одновременно высокие физико-химические и органолептические свойства воды [4]. Эксплуатация этих установок значительно проще и безопаснее для обслуживающего персонала, чем эксплуатация оборудования, связанного с использованием хлора. Имеются и другие преимущества: возможность автоматизации производства, быстрота процесса обеззараживания. Отечественная промышленность выпускает установки для обеззараживания воды типа ОВ-1П и ОВ-3П с лампами ДБ 30 и ДБ 60, ОВ-АКХ-1 с лампами ДРТ 1000; мощность установок постоянно увеличивается: с применением мощных ламп ДРТ с 2500 выпускаются установки ОВ-1П-РКС с расчетной производительностью в стандартных условиях 50 м³/ч, а при обеззараживании подземной воды — 75 м³/ч. Для более крупных водопроводов разработана оборудованная тремя лампами ДРТС 2500 установка ОВ-3П-РКС производительностью 150—200 м³/ч. Неапорная самотечная установка ОВ-ПК-РКС с погружными кассетами из ламп ДРТ 2500 предназначена для использования в системах водоснабжения крупных городов и имеет производительность 3000 м³/ч.

17.4.5. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ЭФФЕКТ ФОТОТАКСИСА

Фототаксис, т. е. фотоиндуцирование направленного движения свободных биологических объектов (насекомых, рыб), находит все большее применение в сельском хозяйстве и рыболовном промысле [17.51]. Наибольшим возбуждающим действием на насекомых обладает УФ диапазон 290—380 нм и видимый 465—515 нм. Однако для конкретных видов насекомых спектральный диапазон должен уточняться. Источник излучения со спектральными характеристиками, вызывающими фототаксис, является основным элементом устройств, называемых фотоловушками. Фотоловушки применяют как для прогнозирования массового лета насекомых с целью определения наиболее эффективного времени химического воздействия на них, так и для непосредственного уничтожения летающих вредителей. Этот вид борьбы с вредителями, отличающийся от химического абсолютной безвредностью, завоевывает все большую популярность.

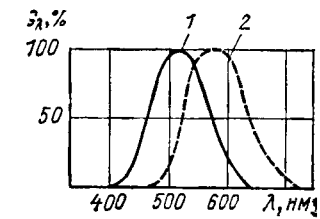


Рис. 17.16. Относительная спектральная чувствительность органа зрения рыб.
1 — темновая адаптация; *2* — световая адаптация.

Установки фототаксиса в рыболовстве используются для привлечения и локализации косяков рыбы, что существенно упрощает промышленный лов. Анализ результатов исследований показывает, что характер фототаксиса существенно отличается для различных видов рыб, выявлена также зависимость его от ряда условий внешней среды (скорости течения, температуры воды) и качества освещения (яркости источника). Наибольшим «примагничивающим» эффектом для большинства видов обладает сине-зеленая область ($\lambda \approx 500$ нм), однако достаточно высокий уровень эффекта наблюдается в широкой области $\Delta\lambda = 460 \div 620$ нм. Для оценок фотобиологической эффективности действия излучения необходимы знания спектральной чувствительности органа зрения рыб. В качестве примера на рис. 17.16 приведена экспериментальная кривая, полученная для рыб нескольких видов [17.51].

17.5. ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЕ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ С КОГЕРЕНТНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ

Облучательные установки с когерентными источниками излучения (лазерами) появились сравнительно недавно — примерно 20 лет назад — практически одновременно с разработкой первых промышленных лазеров. Сегодня установки с когерентным излучением успешно используются в технологии, медицине, химии, спектроскопии, голографии и др.

В ОСУ используются такие особенности лазерного излучения, как высокая монохроматичность (ширина линии до 10^{-9} нм), малая расходимость пучка (до нескольких угловых секунд), высокие плотности мощности (до 10^{18} Вт/см² в импульсе), а также возможность перестройки длины волны излучения почти во всем оптическом диапазоне.

Как и в случае ОСУ с некогерентными источниками излучения, рассматриваемые в данном параграфе ОСУ могут быть подразделены на установки, основанные на фотофизическом, фотохимическом и фотобиологическом действии излучения.

Применительно к ОСУ на лазерах наибольшее практическое использование получили установки, основанные на тепловом воздействии при высоких плотностях мощности. Границы использования лазерного излучения для той или иной технологической операции определяются в основном облученностью E_e. При $E_e = 10^4 \div 10^6$ Вт/см² (в непрерывном режиме) происходит локальный разогрев материала, при котором становятся возможными его термообработка и сварка. При $E_e = 10^7 \div 10^8$ Вт/см² материалы начинают интенсивно испаряться, что обеспечивает эффективную резку, сверление и другие виды размерной обработки [17.52].

В фотохимических процессах помимо высокой плотности мощности и спектральной плотности лазерного излучения с успехом может быть использована возможность плавной перестройки узкополосных лазеров. Применение лазеров в химии открывает новые возможности, в частности ускорение реакций, синтезирование новых веществ, разделение изотопов и др. [17.53].

Фотобиологическое действие лазерного излучения изучено пока совершенно недостаточно. Проведение исследований на биологических объектах особенно осложняется при попытках отделить фотобиологическое действие лазерного излучения от теплового, фотохимического и др.

Однако уже имеющиеся результаты свидетельствуют о специфическом действии когерентного излучения на биологические системы по сравнению с обычными нелазерными источниками света при сопоставимых плотностях мощности.

Лазерные технологические установки (ЛТУ) широко используются для сварки, термоупрочнения и размерной обработки различных материалов, в основном металлов.

Лазерная сварка по сравнению с традиционными видами сварки (газовой, электрической, электронно-лучевой и др.) имеет следующие преимущества: бесконтактность и локальность воздействия, лучшее перемешивание материалов в сварочной ванне, снижение термических напряжений, уменьшение зоны термического воздействия и др. [17.54]. Лазерная сварка также выгодно отличается простотой и универсальностью, поскольку при переходе от одного материала к другому не требуется применения специальных флюсов, подбора электродов, наконечников и т. п.

Наибольшее применение лазерная сварка нашла в производстве электронных приборов, в частности в микроэлектронике. В связи с появлением эффективных лазеров с мощностью излучения до 10 кВт и выше лазерная сварка стала также применяться в авиа- и автостроении, электротехнике и других машиностроительных отраслях.

Термоупрочнение лазерным излучением основано на создании высоких градиентов температуры и соответственно высоких скоростей нагрева и охлаждения на поверхности изделия.

Выгодной особенностью лазерной обработки является возможность термоупрочнения полностью законченной детали по заданному контуру. После такого локального термоупрочнения не требуется дополнительной шлифовки и доводки, что необходимо при обычных методах закалки.

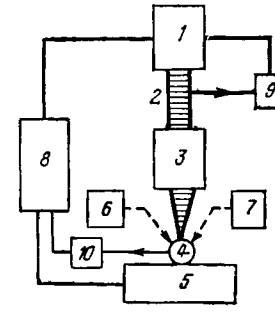


Рис. 17.17. Структурная схема лазерной технологической установки.

Размерная лазерная обработка (резка, сверление, испарение тонких пленок и т. п.) дает возможность резко повысить скорость обработки материалов (особенно тугоплавких, таких как алмазы, корунд, рубин и т. п.) и ее точность.

Структурная схема типичной ЛТУ показана на рис. 17.17.

Помимо основного рабочего инструмента — лазера *1*, дающего лазерный пучок *2*, схема содержит оптическую систему *3*, рабочий стол *5*, на котором закреплено обрабатываемое изделие *4*, программирующее устройство *8*, управляющее режимом обработки и перемещением изделия, источник технологической среды (инертный газ) *6*, источник дополнительной энергии (кислород) *7*, а также датчики параметров излучения (энергии) *9* и технологического процесса (температуры изделия) *10*.

В ЛТУ используются в основном твердотельные лазеры на стекле с неодимом и иттрий-алюминиевом гранате — ИАГ (длина волны излучения 1,06 мкм), а также газовые лазеры на углекислом газе CO_2 (длина волны 10,6 мкм). (Подробнее о лазерах см. разд. 4.)

Твердотельные лазеры с энергией излучения до 100 Дж используются, как правило, для импульсной обработки материалов, а газовые с мощностью излучения до 10 кВт — в непрерывном режиме.

Изменение направления лазерного пучка производится обычно с помощью призм полного внутреннего отражения, интерференционных или металлических зеркал. Для перемещения луча по заданной траектории используется система подвижных зеркал. Способ формирования излучения лазера зависит от конкретной технологической задачи, а также от параметров самого лазера. Для оценки минимально достижимого диаметра лазерного пучка d_{min} можно использовать следующее выражение, заимствованное из геометрической оптики (без учета дифракции):

$$d_{min} = f' \operatorname{tg} \gamma \approx f' \gamma,$$

где f' — фокусное расстояние; γ — угол расходимости пучка.

Однако для любых резонаторов и оптических систем имеет место дифракционный предел:

$$d_{диф} \geqslant 1{,}22\lambda f'/D,$$

где λ — длина волны; D — выходная апертура оптической системы.

Оптическая система для визуального контроля представляет собой обычно бинокулярный микроскоп с

Таблица 17.20. Основные параметры и назначение лазерных технологических установок

Тип установки	Назначение	Максимальная энергия в импульсе, Дж	Частота, Гц	Диаметр пятна, мм	Тип лазера	Длительность импульса, мс	Габариты, мм (без блока питания)
СЛС-10-1	Точечная сварка металлов толщиной до 0,3 мм	8	0,5	0,4—1,5	Стекло с неодимом	2—4	1006×820×1255
«Квант-9м»	Сверление алмазов	10	0,1—3	0,05—2	То же	0,2—0,75	1150×700×1200
«Квант-10»	Точечная сварка металлов толщиной до 1 мм	15—30	0,1—1	0,7—1,5	» »	0,2—0,75	1225×1040×930
«Квант-12»	Шовная сварка металлов	3	0,1—20	0,25—1	ИАГ	1,5—4	1600×950×1230
«Коруид»	Сверление часовых камней	0,1—0,5	1—10	0,05—0,1	Стекло с неодимом	0,15	600×1200×1400
«Квант-11»	Резка полупроводниковых пластин	Средняя мощность 20 Вт	1—100	0,03—0,3	ИАГ	—	1200×700×1200
«Квант-16»	Термоупрочнение металлов	30—50	1—10	0,7—1,4	Стекло с неодимом	4—7	1225×1040×950
«Катунь»	Многоцелевая резка материалов, сварка и пр.	Максимальная мощность 800 Вт	Непрерывный	0,6—0,8	Газовый на CO_2	—	Длина 6 м
УПР-1	Подгонка толстопленочных резисторов	0,05	30—100	0,3	Газовый на CO_2	0,2	1100×1300×2400

увеличением 10—50. Для защиты зрения оператора используются специальные фильтры, поглощающие излучение с длиной волны лазера. В некоторых техиологических установках для наблюдения за технологическим процессом используют замкнутые телевизионные системы.

Отечественной промышлеиностью освоеи сервйный выпуск лазерных технологических установок как универсальных, так и специального назначения.

В табл. 17.20 приводятся параметры некоторых наиболее распространенных промышленных лазерных облучательных установок техиологического иазначения.

Фотохимнческне процессы, основанные на использовании лазерного излучения, весьма перспектнвны для применений, требующих больших энергетическнх и экономическнх затрат, в частности для разделения изотопов. Например, при газодиффузионном способе разделения изотопов урана требуется около 5 МэВ на одну молекулу шестифтористого урана, а для избирательного возбуждения изотопа урана 235 — всего 10 эВ [17.55].

Практическая реализация огромного прениущества направленных фотопроцессов еще ие получила должных промышленных масштабов. Одна из основных причии — отсутствие пока особомощных (до 1 кВт и более) лазеров видимого и ближнего УФ диапазонов с КПД ие менее 1 %.

Помимо технологин ОСУ с когерентными источниками находят все большее прнменение в биологии, медицине, в частности хирургии, офтальмологии, лучевой терапии и пр.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

17.1. **Сарычев Г. С., Гаврилкниа Г. Н., Буханов Ю. А.** Развитие прнменеиия оптического излучения в технологических процессах промышлеиного пронзводства. — Светотехинка, 1975, № 12, с. 17—19.

17.2. **Светотехинкв** — сельскохозяйствеиному производству/ Е. И. Мудрак, Л. Б. Прикуиец, Г. С Сарычев, В. П. Черныш ев. — Электротехника, 1978, № 11, с. 19—22.

17.3. **Муругов В. Г., Прищеп Л. Г.** Основные иаучно-техинческие проблемы прнменения оптнческого излучеиия в сельском хозяйстве. — Светотехинка, 1978, № 5, с. 2—4.

17.4. **Saryfchev G.** Photochemistry and Agriculture. — Proc. 19th Sess. Int. Commis. Illum. Kyoto, 1979. — Paris, 1980, p. 436—439.

17.5. **Лыков А. В.** Тепло- и массообмеи в процессах сушки. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1956 — 464 с.

17.6. **Бураковский Т., Гизиньский Е., Саля А.** Инфракрасные излучатели. — Л.: Энергия, 1978. — 406 с.

17.7. **Рычков В. И.** Сушка и нагрев нифракрасным нзлучеиям.—Итоги нвуки и техники. Сер.: Светотехника и инфракрасная техинка. Т. 3. — М.: ВИНИТИ, 1973, с. 196—247.

17.8. **ГОСТ** 13268-74. Электроиагреватели трубчатые (ТЭН).

17.9. **Ицнксои Б. С., Деинсов Б. Л.** Инфракрасные газовые излучатели. — М.. Недра, 1969 — 279 с.

17.10. **Борхерт Р., Юбнк В.** Техинка иифракрасного иагрева. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 278 с.

17.11. **Павловскнй Л. Л., Рычков В И., Сухарев Г. А.** О механизме сушки лакокрасочных покрытнй инфракрасиыми лучами. — Лакокрасочные материалы и их примеиеине, 1970, № 2, с. 40—42.

17.12. **Лебедев П. Д.** Сушка нифракрасиыми лучами. — М.— Л.: Госэнергоиздат, 1955. — 232 с.

17.13. **Гнизбург А. С.** Инфракрасиая техиика в пищевой промышлеииостн. — М.: Пищевая промышлеииость, 1966. —407 с.

17.14. **Сасоров В. П.** Установка раднацнониого высокотемпературиого нагрева УРАН-1. — Электровакуумиая техиика, 1967, № 42, с. 87—89.

17.15. **ГОСТ** 308-78. Электрокамины бытовые. Технические условия.

17.16. **Терешни А. Н.** Фотоинка молекул краснтелей и родственных органнческнх соединеиий. — Л.: Наука, 1967. — 616 с.

17.17. **Калверт Д., Питтс Д.** Фотохимия. — М.: Мир, 1968.— 671 с.

17.18. **Сарычев Г. С.** Источникн света для промышлеиных фотохнмнческих реакцнй. — Химическая промышлеииость, 1964, № 11, с. 20—24.

17.19. **Сарычев Г. С.** Источинки излучення для фотохнмических процессов (состояние н перспектнвы). — М.: Иифорлэлектро, 1972. — 33 с.

17.20. **Гаврнлкниа Г. Н.** Источникн излучеиия для производства лактамов фотоинтрозпрованием — Светотехинка, 1973, № 8, с. 4—6.

17.21. **К расчету коэффнцнента** нспользоваиия потока нзлучення погружных источников свега в фотохимнческих установках/Ю. П. Божеиов, Г. Н. Гаврилкниа, Е. И. Розовский, Г. С. Сарычев. — Светотехинка. 1979, № 12, с. 17.

17.22. **Иваиов Р. Н.** Репрографня/Методы и средства копирования н рвзмиожеиия документов. — М.: Советское радио, 1977. — 384 с.

17.23. **Слуцкни А. А., Шеберстов В. И.** Копировальные процессы и материалы репрографнн и малой полнграфнн. — М.: Кинга, 1971. — 160 с.

17.24. **Бериацек В. В., Лазарекко Э. Т.** Фотомономеры и печатные формы нз инх. Обзор отечествеииой и зарубежиой литературы. — Ч. I. Фотополнмернзацня в техиологнческих процессах. — М.: Кинга, 1974. — 34 с. — Ч. II. Техиологня и оборудоваине формиых процессов. — М ; Кинга, 1974. — 33 с.

17.25. **Московкни Л. Н., Ошарни В. И.** Фотохимическое фрезероваине. — М.: Машиностроеиие, 1978 — 91 с.

17.26. **Белнк А. К.** Отверждеиие полиэфирных покрытнй фотохнмнческнм способом. (Обзор.) — М.: ВНИИПЭНлеспром, 1970. — 51 с.

17.27. **Алфимов М. В., Якушева О. Б.** Фотохимнческие способы запнсн ниформацнн. Первичные фотопроцессы. — Успехн иаучной фотохнмнн, 1978, т. 19, с. 3—57.

17.28. **Высокоинтенсивные** источникн ультрафнолетового нзлучеиня н нх прнмеиеине в техиологнческих процессах/Г. С. Сарычев, Г. Н. Гаврилкниа, С. Г. Ашурков, Е. И. Розовскнй. — Светотехинка, 1979, № 9, с 5—8.

17.29. **Бухтняров В. П.** Оборудоваине для отделки нзделнй нз древесины. — М.: Лесиая промышлеииость, 1978. — 325 с.

17.30. **Моделнроваине** тепловых режнмов космнческого аппарата н окружающей его среды/Под ред. Г. И. Петрова. — М.: Машиностроеине, 1971. — 380 с.

17.31. **ГОСТ 17171-71.** Пластмассы. Методы испытаний на старение под воздействием искусственных климатических факторов. **ГОСТ** 8979-75. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения устойчивости к тепловому и светотепловому старению.

17.32. **Конев С. В., Волотовский И. Д.** Фотобиология. — Минск: БГУ, 1979. — 383 с.

17.33. **Рабинович Е.** Фотосинтез. Т. 1. — М.: Иностранная литература, 1951. — 648 с.

17.34. **Воскресенская Н. П.** Фотосинтез и спектральный состав света. — М.: Наука, 1965. — 311 с.

17.35. **Фоторегуляция** метаболизма и морфогенеза растений/Под ред. А. Л. Курсанова и Н. П. Воскресенской. — М.: Наука, 1975. — 254 с.

17.36. **Клешнин А. Ф.** Растение и свет. Теория и практика светокультуры растений. — М.: Изд-во АН СССР, 1954.—456 с.

17.37. **Мошков Б. С.** Выращивание растений при искусственном освещении. — Л.: Колос, 1966. — 287 с.

17.38. **Леман В. М.** Курс светокультуры растений. — М.: Высшая школа, 1976. — 271 с.

17.39. **Жилинский Ю. М., Свентицкий И. Н.** Электрическое освещение и облучение в сельскохозяйственном производстве.— М.: Колос, 1968. — 303 с.

17.40. **Принципы** управления продукционными процессами в агроэкосистемах/Под ред. А. А. Ничипоровича. — М.: Наука, 1976. — 201 с.

17.41. **Тооминг Х. Г., Гуляев В. И.** Методика измерения фотосинтетически активной радиации. — М.: Наука, 1967. — 143 с.

17.42. **Прикупец Л. Б., Сарычев Г. С., Федюнькин Д. В.** Фотобиологические исследования с селективными МГЛ. — Светотехника, 1978, № 5, с. 19—21.

17.43. **Влияние** света различной интенсивности и спектрального состава на продукционную деятельность ценозов редиса/ Ф. Я. Сидько и др. — В сб.: Интенсивная светокультура растений. Красноярск, ИФ СО АН СССР, 1977, с. 3—14.

17.44. **Осветительная** установка с плоским световодом для выращивания сельскохозяйственных культур в помещениях без естественного света/Ю. Б. Айзенберг и др. — Светотехника, 1978, № 5, с. 14—17.

17.45. **РТМ 3-381-73.** Излучение ультрафиолетовое. Величины и единицы. Термины и определения.

17.46. **Ультрафиолетовая** радиация солнца и неба/В. А. Белинский, М. П. Гараджа, Л. М. Меженная, Е. И. Незваинь. — М.: Изд-во МГУ, 1968. — 228 с.

17.47. **Указания** к проектированию и эксплуатации установок искусственного ультрафиолетового облучения на промышленных предприятиях. — М.: Минздрав СССР, 1974. — 16 с.

17.48. **Лазарев Д. Н.** Оптическое излучение в лечебных учреждениях. — Светотехника, 1968, № 11, с. 9—12.

17.49. **Медицинская** светотехническая аппаратура/Каталог.— М.: ЦБНТИ Медпром, 1976. — 47 с.

17.50. **Методические** рекомендации по применению оптического излучения в животноводстве. — М.: ВИЭСХ, 1978. — 63 с.

17.51. **Протасов В. Р.** Поведение рыб. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 296 с.

17.52. **Рыкалин Н. Н., Углов А. А., Кокора А. Н.** Лазерная обработка материалов. — М.: Машиностроение, 1975. — 296 с.

17.53. **Дунская И. М.** Лазеры и химия. — М.: Наука, 1979.— 163 с.

17.54. **Лазеры** в технологии/Под ред. М. Ф. Стельмаха. — М.: Энергия, 1975. — 216 с.

17.55. **Летохов В. С., Мур С. Б.** Лазерное разделение изотопов/Обзор. — Квантовая электроника, 1976, т. 3, № 2, с. 248—287; № 3, с. 485—516.

Раздел восемнадцатый

ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

18.1. ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ

18.1.1. ГИГИЕНИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЕСТЕСТВЕННОГО СВЕТА В ЗДАНИЯХ

Развитие приемов и конструктивных решений естественного освещения зданий за последние десятилетия происходило под влиянием утвердившейся в большинстве западных стран концепции, согласно которой естественному свету в здании отводилась очень незначительная роль, а искусственное освещение использовалось практически в течение всего рабочего времени в преобладающей части помещений. Такой подход обеспечивал большую свободу объемно-планировочных решений и послужил причиной появления в практике массового строительства зданий, которые были полностью лишены или имели очень незначительную площадь световых проемов.

Социологические и психологические исследования таких зданий показали, что световая среда в них оценивалась отрицательно большинством работающих, что приводило к текучести кадров и служило источником разнообразных жалоб.

Механизмы фотоэнергетического действия на человеческий организм еще не полностью изучены. Но и то, что известно сейчас, говорит о невозможности длительного пребывания человека в условиях освещения, существенно отличающихся от естественных. Выбор параметров искусственной световой среды, длительно действующей на человека, необходимо увязывать с составом и режимом естественного освещения [18.1].

Опыт работы в помещениях без световых проемов показал, что зрительное отключение человека от внешней среды угнетающе отражается на его психике и неблагоприятно сказывается на ПТ.

Специальными исследованиями [18.2—18.5] было установлено, что для обеспечения полноценной световой среды в помещениях с постоянным пребыванием людей должно устраиваться естественное освещение. При этом многими исследователями подчеркивается, что необходимые условия освещения для решения определенных зрительных задач могут быть достигнуты одним искусственным освещением. Однако общая эффективность осветительной установки дополнительно определяется воздействием света на психику человека и тонус его нервной системы, поэтому роль естественного света в помещении очень велика. Наличие световых проемов позволяет работающему визуально общаться с внешней средой, что устраняет монотонность световой обстановки в помещении, вызываемую одним искусственным освещением и приводящую к преждевременному утомлению нервной системы. Воспроизвести эквивалентную динамику распределения яркости в помещении, соответствующую природным условиям, практически невозможно даже при современном развитии электронной техники.

Роль зрительной связи с наружным пространством можно проиллюстрировать на примере так называемых «ландшафтных бюро» или помещений со свободной планировкой. Эти помещения имеют значительную глубину (более 12 м) при высоте потолка не более 3 м. Несмотря на то, что естественная освещенность в глубине помещений совершенно недостаточна для нормальной работы и приходится постоянно пользоваться искусственным светом, условия труда по единодушной оценке работающих существенно лучше, чем в помещениях без световых проемов. Специалисты в области инженерной психологии считают, что одним из важных факторов, обеспечивающих положительную оценку условий труда в «ландшафтных бюро», является возможность бросить хотя бы беглый взгляд сквозь световые проемы и получить самую краткую информацию, например о состоянии погоды [18.2]. Следовательно, положительное психологическое воздействие естественного освещения на человека, находящегося в помещении, выражается прежде всего в ощущении непосредственной связи с окру-

жающим миром, осуществляемой визуально через световые проемы. Солнечный свет или пасмурное небо, сумерки или пробивающиеся сквозь облака лучи солнца являются факторами, определяющими не только уровень освещенности и условия видимости в помещении: они оказывают также положительное психофизиологическое воздействие на человека, определяют настроение, самочувствие и работоспособность.

Результаты исследований [18.3] показывают, что по сравнению с искусственным естественное освещение обеспечивает более высокий уровень производительности зрительной работы.

Важность визуальной связи человека, находящегося в помещении, с наружным пространством объясняется также положительным воздействием суточных изменений освещенности на биологические ритмы жизнедеятельности человеческого организма [18.4].

Известна роль естественного освещения помещений в профилактике солнечного голодания, которое следует связывать с действием всего оптического излучения Солнца, а не только его ультрафиолетовой части [18.5].

Роль естественного освещения в зданиях была понята в полной мере, когда выяснилось, что оно может служить одним из важных способов экономии электроэнергии в условиях нарастающего энергетического кризиса в связи с наметившимся истощением традиционных источников энергии (угля, торфа, газа, нефти, водных ресурсов), резким ростом стоимости электроэнергии во всех странах мира.

Рациональное использование естественного освещения в зданиях в настоящее время рассматривается как важный фактор экономии электроэнергии. При этом обращается внимание на то, что оптимальный результат достигается при комплексном проектировании систем естественного и искусственного освещения, отопления и вентиляции с учетом строительного решения здания и климата места строительства.

Экспериментально установлено, что продолжительность использования естественного освещения во многих современных зданиях может быть значительно увеличена при применении соответствующих технических средств и знании ресурсов природной световой энергии в той или иной местности.

В связи с этим в ряде стран Западной Европы и в США наметилась тенденция к более широкому и эффективному использованию естественного света в зданиях, чем это было ранее, выразившаяся в следующих мероприятиях: пересмотре традиционных схем проектирования и планировочных решений зданий с целью лучшего использования естественного света, в частности отказе в некоторых случаях от глубоких помещений и широких многоэтажных зданий; использовании световых проемов, обладающих повышенной световой активностью (зенитных фонарей, крупноразмерных светопропускающих изделий, стеклопакетов и заполнений бесперепленного типа); применении световых шахт и световодов для естественного освещения помещений в одноэтажных зданиях с подшивным потолком и в многоэтажных зданиях; светлой отделке поверхностей помещения и фасадов здания; пересмотре допустимых расстояний между зданиями и градостроительных норм; разработке специальных оптических устройств для улавливания солнечного света и перераспределении его в помещении; активизации работ по изучению светового климата разных стран мира; автоматическом управлении искусственным освещением в зависимости от изменений наружной естественной освещенности; разработке комплексных методов проектирования естественного и искусственного освещения, отопления и вентиляции.

Опыт эксплуатации зданий, которые были спроектированы с учетом этих положений, показывает, что за счет более полного использования естественного освещения достигается экономия электроэнергии на 20—50 %.

Естественное освещение помещений. Объемно-планировочное решение здания является главным фактором, определяющим выбор естественного освещения помещений. В этом отношении все разнообразие архитектурных решений зданий можно свести к следующим основным типам.

1. Одноэтажные производственные здания сплошной застройки, которые представляют собой многопролетные корпуса большой ширины (рис. 18.1, *а—г*). В этих зданиях в основном применяется освещение через фонари или световые проемы в покрытии.

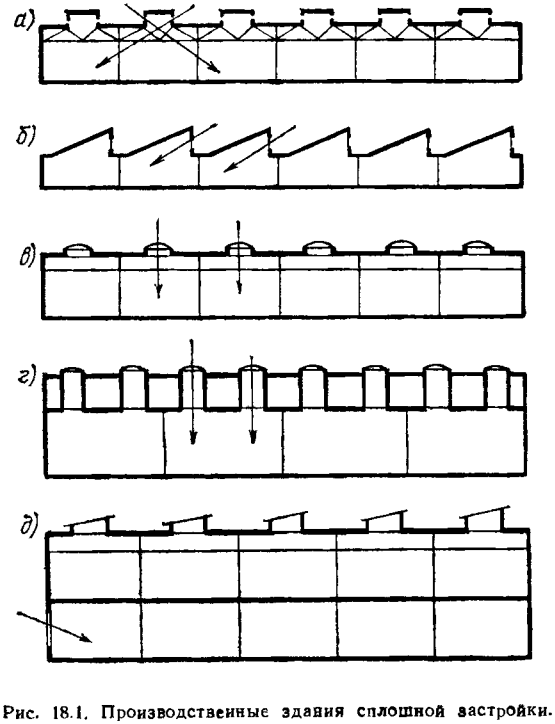


Рис. 18.1. Производственные здания сплошной застройки.

Здания сплошной застройки в зависимости от решения верхнего естественного освещения, покрытия и межферменного пространства можно разделить на здания с прямоугольными светоаэрационными фонарями, с шедовым покрытием, с зенитными фонарями, с техническим этажом в межферменном пространстве или с подшивным потолком.

а) Здание с прямоугольными светоаэрационными фонарями (рис. 18.1, *а*). Из-за невысокой светоактивности прямоугольных фонарей естественная освещенность может соответствовать требованиям только IV—VIII разрядов работ, благодаря вертикальному расположению остекления обеспечивается удовлетворительное соотношение между освещенностями на вертикальной и горизонтальной поверхностях. Для уменьшения инсоляции помещений остекление фонарей ориентируют на север—юг. Этот тип зданий применяется преимущественно для производств с повышенной влажностью воздуха или со значительными выделениями теплоты.

б) Здание с шедовым покрытием (рис. 18.1, *б*). В СССР фонари шед монтируются, как правило, из железобетонных плит и деталей заводского изготовления. Естественное освещение в таких зданиях обеспечивается обычно для III—VIII разрядов работ; освещенность на

вертикальных поверхностях, обращенных к остеклению фонаря, обычно в 2—3 раза выше, чем на вертикальных поверхностях, ориентированных в противоположную сторону; соотношение между горизонтальной и вертикальной освещенностью на стороне, обращенной к проемам фонарей, обычно близко к единице. При ориентации остекления на северную четверть небосвода в помещениях обеспечивается относительное постоянство естественного освещения и защита помещений от инсоляции. Здание с фонарями шед применяется преимущественно в районах с избыточной солнечной радиацией.

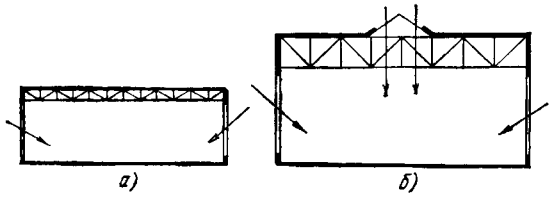


Рис. 18.2. Схемы конструктивных решений зданий.
а — павильонная застройка; *б* — зальный тип.

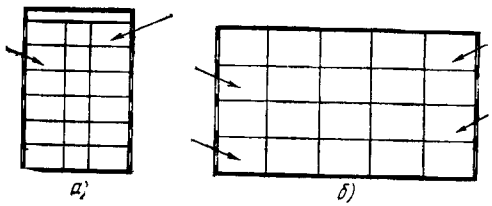


Рис. 18.3. Многоэтажные здания.
а — шириной не более 18 м; *б* — шириной 24 м и более.

в) Здание с зенитными фонарями (рис. 18.1, *в*). В зданиях этого типа можно обеспечить уровни естественной освещенности для всех разрядов работ; естественная освещенность на горизонтальной плоскости, как правило, существенно (в 1,5—2 раза) выше, чем на вертикальных поверхностях; при равномерном расположении фонарей в покрытии достигается большая равномерность освещения. При расположении зданий этого типа в районах с избыточной солнечной радиацией заполнение фонарей делается из светорассеивающих материалов.

г) Здание с техническим этажом в межферменном пространстве или подшивным потолком (рис. 18.1, *а*). Естественное освещение помещений в этих зданиях осуществляется через фонари шахтного типа, у которых входное отверстие шахты стыкуется с опорным стаканом фонаря, а выходное отверстие совмещается с плоскостью потолка. Для увеличения коэффициента использования естественного освещения внутренние поверхности шахты покрываются материалами, имеющими направленное отражение. В зданиях этого типа обеспечивается естественная освещенность для зрительных работ не выше III разряда; горизонтальная освещенность, как правило, выше вертикальной в 2—3 раза.

Существенными достоинствами такой системы освещения являются эффективная защита от инсоляции при расположении здания практически в любых географических широтах и при любой ориентации зданий по сторонам горизонта, возможность обеспечения в здании кондиционированного режима.

2. Двухэтажные многопролетные производственные здания (рис. 18.1, *д*), в которых первый этаж может освещаться только через световые проемы в наружных стенах, а второй имеет верхнее освещение. При большой глубине помещений на первом этаже достаточная естественная освещенность обычно обеспечивается только в пределах первого пролета, на остальной площади применяется искусственное освещение практически в течение всего рабочего времени. Этот тип зданий имеет ряд крупных строительных и технических достоинств по сравнению с одноэтажными и поэтому находит в настоящее время все более широкое применение в ряде отраслей промышленности. По этой схеме решаются также некоторые общественные здания (библиотеки, выставки, галереи).

3. Здания павильонной застройки имеют небольшое число пролетов (рис. 18.2, *а*), что в большинстве случаев позволяет обеспечить естественное освещение

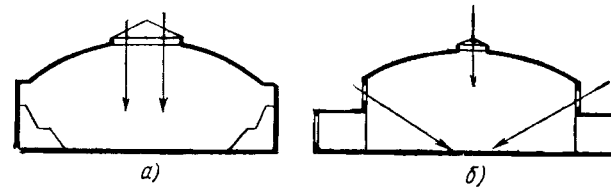


Рис. 18.4. Одноэтажные здания сложной формы.
а — с верхним освещением; *б* — с верхне-боковым освещением.

через световые проемы в наружных стенах. При большой высоте здания световые проемы могут располагаться в два или три яруса. В некоторых случаях вместо наружных стен применяют сплошное остекление (витражи). Учитывая геометрические пропорции здания, как правило, удается получить на всей его площади очень высокие уровни естественной освещенности на вертикальных и горизонтальных поверхностях. Серьезной проблемой в зданиях такого типа является защита от инсоляции. С этой целью в таких зданиях применяют солнцезащитные стекла или эффективные солнцезащитные устройства. Этот тип зданий применяется для некоторых отраслей промышленности, а также для выставок.

4. Здания зального типа с пролетом от 36 до 100 м и высотой более 30 м (рис. 18,2, *б*). Здания этого типа строятся в случаях, когда необходима большая производственная площадь без внутренних опор (сборочные цеха авиационных заводов, ангары, эллинги и т. п.). Объемно-планировочное решение и назначение здания диктует устройство комбинированного естественного освещения, так как требуется обеспечить достаточно высокие уровни освещенности на вертикальных и горизонтальных рабочих поверхностях, а также пространственную насыщенность света для работ на нижней стороне горизонтальных рабочих поверхностей (с этой целью иногда устраивают белые полы).

5. Многоэтажные здания (рис. 18.3, *а*). В этих зданиях естественное освещение возможно только через световые проемы в наружных стенах. Ширина жилых и общественных зданий, как правило, лимитируется естественным освещением, при этом естественное освещение обеспечивается на глубине, составляющей не более четырех высот светового проема. В производственных зданиях большой ширины (рис. 18.3, *б*) в середине имеется зона с недостаточным естественным освещением, в которой искусственное освещение используется в течение всего рабочего времени. В этой зоне в большинстве случаев располагаются лифты, проходы, вспомогательные участки производства.

6. Одноэтажные здания сложной формы (рис. 18.4). Схемы естественного освещения подобных зданий могут быть различными; наиболее часто используется

Таблица 18.1. Схемы совмещения естественного освещения с искусственным

Схема	Характеристика
1	Помещение небольшой глубины с боковым естественным освещением; искусственное освещение дополняет естественное только на небольшом участке в глубине помещения
2	Глубокое помещение с боковым естественным освещением; за исключением приоконной зоны вся площадь постоянно освещена искусственным светом
3	Помещение с верхним естественным освещением через световые проемы в покрытии, площадь которых меньше, чем это требуется по нормам естественного освещения; искусственный свет восполняет дефицит естественного равномерно по всей площади
4	Два смежных помещения, одно из которых имеет естественное освещение, другое только искусственное; при этом происходит постоянное движение людей из одного помещения в другое
5	Проходное помещение, через которое люди попадают из наружного пространства в здание, полностью лишенное естественного света

верхнее (через фонарь в центре покрытия), верхне-боковое через световые проемы в верхних частях наружных стен или комбинированное освещение. Данное объемно-планировочное решение применяется в зданиях крытых рынков, выставочных павильонов, бассейнов, искусственных катков, гимнастических залов, теннисных кортов и т. п.

Совмещенное освещение помещений. Отечественная и зарубежная практика строительства показывает, что во многих помещениях современных зданий не удается обеспечить требуемые уровни естественного освещения и приходится применять совмещенный вариант, при котором в светлое время суток естественное освещение в отдельных зонах или на всей площади помещений дополняется искусственным освещением.

В зависимости от планировочного решения, геометрических пропорций и назначения помещений различают пять схем совмещения естественного освещения с искусственным (табл. 18.1).

Схема 1 совмещенного освещения рис. 18.5, *а* может применяться во многих зданиях, главным образом в небольших помещениях, освещаемых через окно в одной из наружных стен, причем в глубине имеется небольшая зона с недостаточным естественным освещением. Если интенсивность искусственного освещения поддерживается в определенных пределах, то сохраняется доминирующая роль естественного света, что обеспечивается главным образом более высоким уровнем естественного освещения вертикальных поверхностей помещения. Примером такой схемы освещения могут служить рабочие кабинеты зданий управления, в которых при глубине помещений 6 и высоте 3 м невозможно обеспечить нормированный КЕО (см. п. 8.2.5 и § 18.2) на столах, стоящих в глубине помещений, и необходимо постоянное дополнительное искусственное освещение. Если ИС тщательно подобраны по цветности излучения, а светильники — по форме и расположению, то дополнительное искусственное освещение почти незаметно и возникает впечатление, что помещение достаточно освещено естественным светом.

Расчеты показывают, что в этом случае площадь окон можно несколько уменьшить и тем самым достигнуть некоторого снижения единовременных вложений при незначительном увеличении эксплуатационных расходов.

Схема рис. 18.5, *б* применяется в глубоких помещениях большой площади с боковым естественным освещением. В светлое время суток достаточная естественная освещенность обеспечивается только в приоконной зоне на расстоянии не более двух-трех высот световых проемов. Вследствие низких значений КЕО на всей остальной площади помещений возникает необходимость эксплуатации искусственного освещения в течение всего рабочего времени.

Естественное освещение в таких помещениях устраивается главным образом для того, чтобы обеспечить зрительную связь с наружным пространством, устранить монотонность световой среды, которая возникает при одном искусственном освещении.

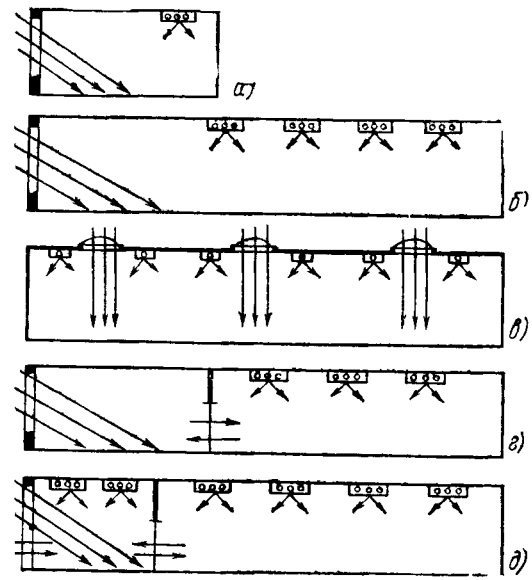


Рис. 18.5. Схемы совмещения естественного освещения с искусственным.

Эта схема совмещенного освещения целесообразна для больших производственных помещений с боковым освещением и некоторых помещений общественных зданий (торговых залов магазинов, залов выставок, музеев и т. п.). Преимущество этой схемы освещения состоит в том, что уровни рабочего (искусственного) освещения на большой площади помещения относительно независимы от колебаний естественного освещения. Размеры, форма и расположение световых проемов должны выбираться главным образом исходя из требований визуального контакта с внешней средой.

Основное преимущество зданий с такой схемой освещения состоит в более эффективном использовании рабочих площадей, возможности уменьшения высоты помещений и площади световых проемов, а следовательно, сокращения теплопотерь через наружные ограждения здания. Поэтому такая схема весьма целесообразна также для зданий, строящихся в районах с суровыми климатическими условиями (северная строительно-климатическая зона).

Схема рис. 18.5, *в* применяется в зданиях с верхним естественным освещением. Размещение светильников в этом случае должно увязываться с расположением световых проемов. Эта схема освещения особенно эффективна для зданий, располагаемых в южных и северных районах страны, где площадь фонарей приходится снижать до минимума.

Технико-экономический анализ показывает, что в большинстве случаев и в условиях умеренного климата одноэтажные здания с верхним естественным осве-

щеннем, в которых принята уменьшенная площадь фонарей, оказываются более экономичнымн благодаря снижению капнтальных затрат на покрытие и суммарных энергозатрат вследствие уменьшения теплопотерь в зимнее время через световые проемы.

Схема рнс. 18.5, *г* применяется в зданиях, в которых нитерьер делится на две зоны: одна из зон имеет достаточное естествеиное освещение, другая освещается только нскусственным светом. Освещение этих различных зон интерьера, особенно если происходит постоянное движение людей из одной зоны в другую, должно быть увязано между собой по интенсивности, цветности и направлению световых потоков. Важно освещение обеих частей интерьера сделать таким, чтобы переход нз одной частн в другую был по возможностн менее заметным.

Схема рнс. 18.5, *д* применяется в помещениях, которые служат «световым шлюзом» между наружным пространством и нитерьером, полностью лишенным естественного освещения (напрнмер, вестибюли бесфонарных производственных зданий, крупных торговых центров и подземных сооружений). В этом случае важным фактором является градацня интенсивностн света между уровнями наружного естественного освещения и значнтельно более низкими уровнями в помещениях с одним нскусственным освещением.

Длина помещения, которое служнт транзитной зоной между интерьером и наружным пространством, должна определяться иа основе средней скорости движения людей и необходимого времени переадаптацни. Устройство подобных «световых шлюзов» у входа и выхода большнх зданий позволит устранить явление «светового шока», который наблюдается, напрнмер, при выходе из помещення с относнтельно низкой освещенностью непосредственно наружу в солнечный день.

Светопропускающие материалы и изделия для световых проемов. Для повышения качества светопропускающих заполнений световых проемов в мировой строительной практике осваиваются в шнрокнх масштабах новые эффектнвные матерналы (органическое стекло, стеклопластнки, солнцезащнтные стекла) н изделия из силикатного стекла н полимерных материалов (стеклопакеты, профнльное стекло, панели из стеклопластнка и др.).

Весьма перспективными светопропускающими материаламн являются полнметилметакрнлаты, полистиролы, стеклопластнки на основе неиасыщенных полнэфириых смол и поливннилхлориды [18.6]. Органическое стекло (полиметилметакрилат) по сравнению с снликатным обладает важными достоннствамн — легкостью, прочностью, относительной атмосферостойкостью, высокнм светопропусканием, простотой обработкн; дает менее опасные осколки прн механическом разрушенни.

Для нзготовления светопрозрачных конструкций обычно применяется листовое органическое стекло толщиной 3—5 мм. Светопрозрачные конструкции из этого материала могут применяться во всех клнматических районах нашей страны.

В вндимой части спектра органическое стекло имеет коэффициент пропускания 92 %, в ультрафиолетовой 73 % (у снликатного стекла в УФ областн коэффициент не превышает 8 %). Замечательное свойство органического стекла пропускать УФ лучи может быть с успехом использовано в детских, учебных, спортнвных, лечебио-профилактнческих, производственных н других зданнях. В СССР и за рубежом нанболее широкое применение органическое стекло нашло в изготовлении цельноформованных купольных конструкций для зенитных фонарей, которые могут быть одно-, двух- н трехслойными.

К недостаткам органического стекла, сдерживающим производство цельноформованных крупногабаритных светопрозрачных конструкций, следует отнести его высокую стоимость и небольшне размеры выпускаемых лнстов.

Стеклопластнкн изготовляются нз ненасыщениых полнэфнрных смол и различных стекловолокнистых наполнителей. По сравнению с силнкатным стеклом они обладают большой механической прочностью, небольшим весом, легко обрабатываются. Толщина листового стеклопластика обычно бывает 1,5—2,5 мм, длина может быть любой, а шнрина 1—1,5 м. Коэффициент светопропускания лучших лнстовых стеклопластнков достигает 0,75—0,8.

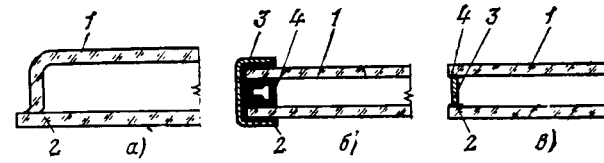


Рис. 18.6. Стеклопакеты.

а — сварной стеклопакет (*1* — стекло; *2* — место сварки); *б* — клееный пакет (*1* — стекло; *2* — герметнк; *3* — металлическая обойма; *4* — металлическая рамка); *в* — паяный пакет (*1* — стекло; *2* — омедненная поверхность; *3* — лента нз свинцового сплава; *4* — пайка).

Нанбольшее распространение в строительстве получили листовые стеклопластики — плоские, волнистые и профилнрованные [18.7].

Производство стеклопластиков во многнх странах мнра растет высокнми темпамн, прнчем ассортимент этого материала постояино обогащается.

Недостатком стеклопластиков является невысокая прозрачность, что исключает возможность зрительной связн с наружным пространством (это особенно важно при боковом естественном освещенин). В связи с этим прнходится встранвать в конструкцию из стеклопластика спецнальные прозрачные вставки.

Стеклопакеты представляют собой конструкции из нескольких (двух и более) слоев листового стекла, герметнчески соединенных между собой по периметру (рис. 18.6). По сравненню с обычным листовым оконным стеклом прнменение стеклопакетов уменьшает расход матерналов на нзготовление переплетов, герметически замкнутая воздушная прослойка предохраняет внутренние поверхности стекол от загрязнения и образования конденсата, что снижает эксплуатационные затраты. По сравнению с обычным остеклением в двойных переплетах двухслойный стеклопакет увеличивает звукоизоляционные, теплоизоляцнонные и прочностные показатели светопрозрачного заполнення [18.8].

Стеклопакеты получнл шнрокое распространение во многнх странах, пренмущественная область их применения — остекление окон в зданиях управления, учебных и жилых.

Профильное стекло представляет собой крупногабаритный элемент из стекла швеллерного и коробчатого сечения (рис. 18.7). Основная область его применення в строительстве — заполнение световых проемов в производственных и общественных зданиях. Применение профильного стекла открывает новые возможностн архнтектурного решення фасадов зданий, позволяет создавать беспереплетные светопропускающие конструкцнн, что значительно экономнт металл.

Профнльное стекло нашло шнрокое применение в строительстве как в СССР, так и за рубежом (в Австрии, ГДР, Франции, ФРГ, Японии). Существенным недостатком профильного стекла является его невысокая прозрачность, что нарушает зрительную связь с на-

ружным пространством через световые проемы, заполненные профильным стеклом.

Солнцезащитные силикатные стекла предназначены для уменьшения теплового и слепящего действия прямой солнечной радиации, применяются главным образом при строительстве в районах южнее 50° с. ш.

Применение солнцезащитных стекол существенно снижает интенсивность теплопоступлений от солнечной радиации, что ведет к улучшению микроклимата и световой среды в помещении и значительной экономии электроэнергии на удаление избыточной теплоты (кондиционирование). Существенным достоинством солнцезащитных стекол по сравнению с солнцезащитными устройствами является более низкая стоимость, простота монтажа и эксплуатации. Вместе с тем стекла позволяют сохранить в помещениях высокие уровни естественного освещения в отличие от различных видов солнцезащитных устройств, которые сильно снижают освещенность в помещении.

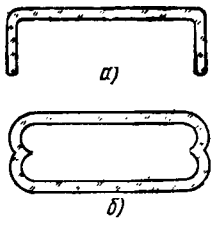


Рис. 18.7. Профильное стекло.

а — стекло швеллерного сечения; *б* — стекло коробчатого сечения.

К солнцезащитным стеклам относят теплопоглощающие и теплоотражающие стекла.

Теплопоглощающее стекло приготовляется путем введения в состав обычного силикатного стекла окислов некоторых металлов (железа, меди, кобальта и никеля). Наибольшяй эффект достигается при добавке окислов железа, так как получается стекло, которое хорошо поглощает инфракрасную радиацию без значительного поглощения видимого участка спектра [18.9, 18.10]. Теплопоглощающее стекло имеет коэффициент пропускания в видимой части спектра от 38 до 64,5 % и в инфракрасной — от 4 до 9 %.

Теплоотражающее стекло представляет собой обычное листовое стекло, на которое нанесена тонкая прозрачная пленка чистых металлов или их окислов. Из отечественных стекол наиболее перспективными являются стекла с окисными пленками оловянно-сурьмяного состава, которые задерживают до 70 % тепловой радиации [18.10].

Выбор типа солнцезащитного стекла для применения в строительстве зависит от назначения здания и климатических особенностей места расположения. В большинстве случаев при строительстве в южных районах СССР теплоотражающие стекла оказываются более эффективными, так как в отличие от теплопоглощающих не требуют специальных устройств для эвакуации нагретого воздуха из межрамного пространства.

Светопрозрачные конструкции. В настоящее время во всех странах признано, что наиболее прогрессивным верхним естественным освещением одноэтажных многопролетных производственных и широких общественных зданий является освещение через зенитные фонари. Световые проемы зенитных фонарей обычно заполняются цельноформованными криволинейными светопропускающими элементами (куполами), имеющими сферическую или двоякой кривизны поверхность. При использовании листового утолщенного силикатного стекла заполнение имеет, как правило, плоскую поверхность. Конструктивное решение фонаря и материал его заполнения определяются типом здания, климатом места строительства, точностью выполняемой работы и температурно-влажностным режимом в помещении.

В большинстве случаев купола устраиваются глухими, иногда для обеспечения аэрации помещений они могут выполняться открывающимися. Основные преимущества зенитных фонарей по сравнению с типовыми светоаэрационными прямоугольными заключаются в следующем: более высокая светоактивность (в 2,5—3 раза); меньшая стоимость (на 1 м² освещаемой площади); большая надежность; простота эксплуатации, ремонта и замены светопропускающего заполнения фонаря; более надежная гидроизоляция.

В зарубежных странах наиболее широкое распространение получили зенитные фонари с куполами из органического стекла; круглые в плане купола изготовляют диаметром от 0,5 до 2 м (рис. П. 31, *а*), в отдельных случаях применяют клееные купола диаметром до 3—4 м (рис. П.31, *б*), прямоугольные в плане

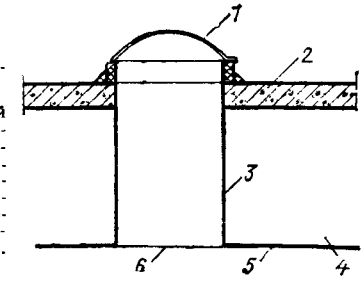


Рис. 18.8. Схема шахтного фонаря.

1 — светопропускающий купол; *2* — покрытие здания; *3* — стенки световой шахты; *4* — пространство между покрытием и подшивным потолком; *5* — подшивной потолок; *6* — выходное отверстие световой шахты.

купола двоякой кривизны применяют размером от 0,5×0,5 до 1,6×2,8 м. Купола могут быть одно- и двухслойными, состоящими из наружной и внутренней оболочек, между которыми имеется воздушная прослойка в 3—5 см.

В практике строительства нашей страны в последние годы находят широкое применение зенитные фонари со светопропускающим заполнением из стеклопакетов. Зенитные фонари со стеклопакетами применены на ряде крупнейших заводов СССР.

В настоящее время ведутся поиски новых решений верхнего естественного освещения, так как во многих современных крупных производственных зданиях межферменное пространство насыщено различными инженерными коммуникациями и системами, что приводит к резкому снижению использования естественного света. Наряду с этим в связи с возрастанием сложности и точности производственных процессов более широкое применение находят производственные здания с подшивными потолками и техническим этажом, размещенным в межфермеином пространстве. Традиционные схемы верхнего естественного освещения в таких случаях оказываются несостоятельными. В этом случае задача может быть решена с помощью зенитных шахтных фонарей (рис. 18.8). Обычные шахтные фонари, у которых стенки шахты имеют диффузное отражение, малопригодны для этой цели вследствие своей крайне низкой светоактивности.

Результаты проведенных в НИИСФ исследований [18.11] показали, что главным способом повышения световой активности шахтных фонарей является применение для стенок шахты фонаря отделки, обладающей направленным отражением, которая позволяет увеличить коэффициент светопропускания шахтного фонаря в 1,5—2 раза. В качестве отделочного материала для стенок шахты может быть применена алюминиевая фольга, алюминированные пленки, альзак-алюминий.

18.2. НОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Естественное освещение, как правило, предусматривается во всех помещениях с постоянным пребыванием людей. Без естественного освещения допускается

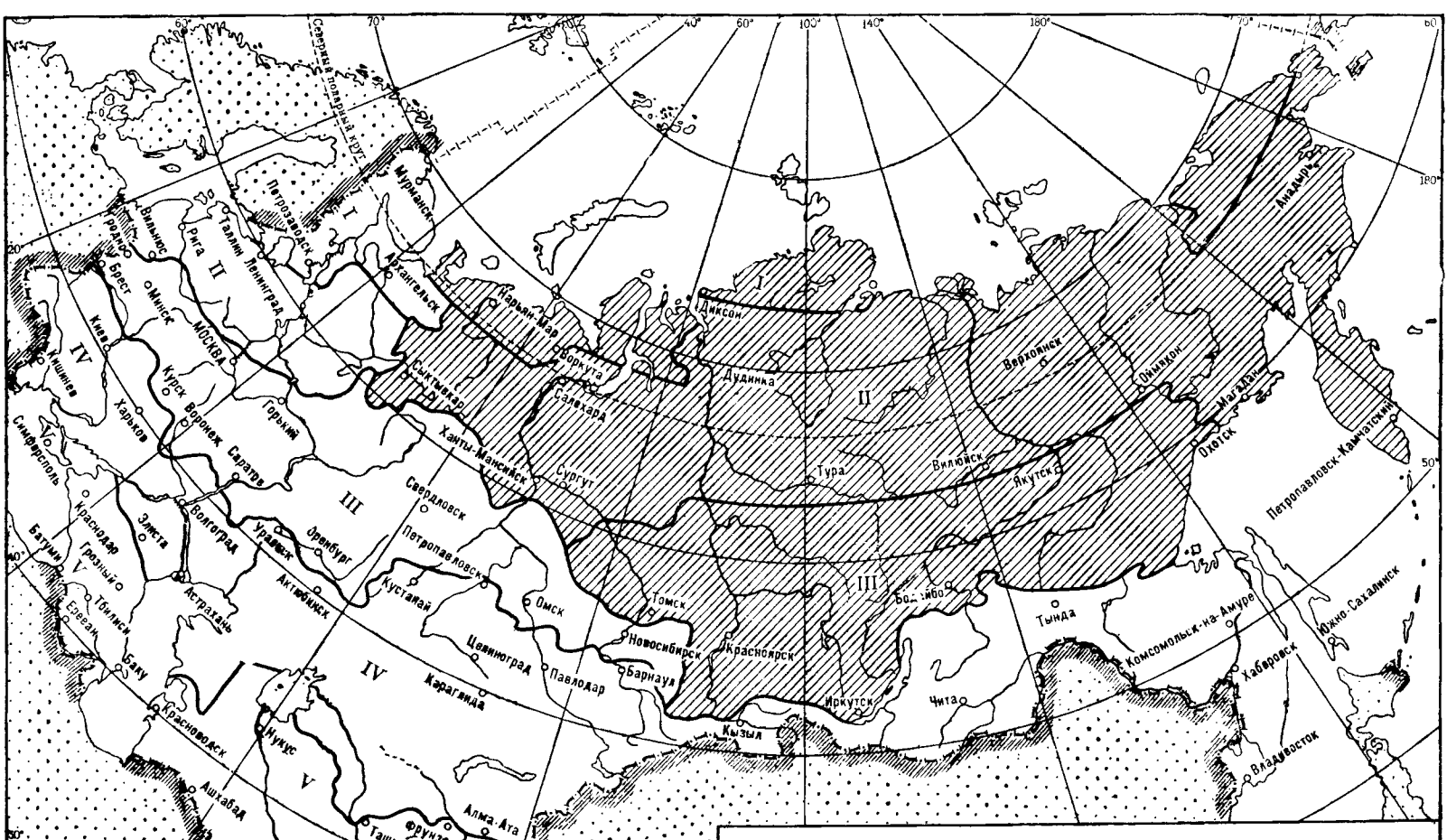


Рис. 18.9. Карта светового климата СССР.

Таблица 18.2. **Примерный перечень помещений производственных, общественных и жилых зданий, которые допускается проектировать без естественного освещения**

1. Здания научных, проектных, строительных учреждений

Книгохранилища и архивы
Отделы электрофотографирования
Отделы микрофотографирования
Светокопировальные мастерские
Проходные (проверка пропусков)
Фойе
Конференц-залы
Киноаппаратные, регулировочные сцены
Выставочные залы
Диспетчерские пункты
Фотокомнаты лабораторий
Ожидальные здравпунктов
Автоклавные здравпунктов

2. Учреждения финансирования, кредитования и государственного страхования

Предкладовая, кладовая ценностей
Помещения для хранения бланков и личных вещей кассиров

3. Предприятия общественного питания

Моечные и кладовые тары полуфабрикатов
Загрузочные, кладовые и моечные тары

4. Предприятия торговли

Примерочные кабины
Помещения для подготовки товаров к продаже:
разрубочные, расфасовочные, комплектовочные отдела заказов
для нарезки тканей
главные мастерские
мастерские в магазинах радио- и электротоваров
Пункты приема посуды
Транспортные туннели
Помещения ремонта аккумуляторов
Помещения зарядных агрегатов
Электролитные
Стоянка электрокар с зарядкой аккумулятора
Помещения для хранения упаковочных материалов, инвентаря и обменного фонда контролеров
Кладовые:
овощей
продуктов в сгораемой упаковке
в непродовольственных магазинах
в магазинах бытовой химии, торгующих взрывоопасными товарами

5. Предприятия бытового обслуживания населения

Бани:
ожидально-остывочные
раздевальные, преддушевые
моечные, душевые
парильные
Фотографии:
съемочный зал фотоателье
фотолаборатории
помещения для приготовления растворов и регенерации серебра
Стиральные отделения прачечных
Ателье химической чистки одежды:
помещения для хранения химикатов
кладовые ателье проката
Помещения для записи, перезаписи и прослушивания студий звукозаписи
Фонотеки

6. Учреждения коммунального хозяйства (гостиницы, дома туриста и т. п.)

Комната для чистки одежды, обуви и глажения
Коридоры, ванные комнаты, уборные жилых зданий

7. Вспомогательные помещения

Коридоры, проходы, переходы
Фотарии
Вентиляционные камеры
Электрощитовые
Помещения кондиционеров
Насосная
Тепловой пункт
Дезинфекционные камеры
Машинное отделение лифта
Шахта лифта
Кабина лифта
Технические этажи
Охлаждаемые камеры
Помещения для фреоновой установки
Закрытые автостоянки
Чердаки

проектировать помещения, указанные в табл. 18.2, а также производственные помещения согласно [18.12].

Вследствие крайней изменчивости природного освещения не только в течение суток, но даже в течение коротких промежутков времени для нормирования и расчета естественного освещения помещений принята относительная величина, называемая коэффициентом естественной освещенности (КЕО) (см. разд. 8). Естественная освещенность в любой точке помещения равна наружной горизонтальной освещенности, умноженной на значение КЕО в этой точке.

В силу большого разнообразия условий естественного освещения на территории СССР при одном и том же значении КЕО в разных географических пунктах страны внутри помещений будут разные уровни освещенности. Для учета особенностей светового климата в разных районах территория СССР зонирована на пять поясов светового климата (рис. 18.9).

Нормированные значения КЕО ($e_н$) для зданий, располагаемых в I, II, IV и V поясах светового климата СССР, определяются по формуле

$$e_н = e_н^{III} m C, \qquad (18.1)$$

где $e_н^{III}$ — нормированное значение КЕО для зданий, расположенных в III поясе светового климата СССР; m — коэффициент светового климата, характеристика, показывающая, во сколько раз следует изменить значение $e_н^{III}$ для данного пояса (рис. 18.9) в зависимости от годового количества естественного освещения, обеспечиваемого рассеянным светом неба на открытой горизонтальной площадке; C — коэффициент солнечности климата, характеристика пояса светового климата, учитывающая дополнительный световой поток, проникающий в помещение в течение года благодаря прямому солнечному свету, и зависящая от продолжительности солнечного сияния, географической широты места расположения здания, конструктивного решения и ориентации световых проемов по сторонам горизонта.

Значения коэффициентов $e_н^{III}$ m и C принимаются в соответствии с [44].

В основу (18.1) положен принцип сохранения эффективного количества естественного освещения за год или среднегодового уровня ПТ в помещениях, располагаемых в различных географических районах.

При одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения с условной рабочей поверхностью (или поверхностью пола).

При двухстороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке посредине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола).

При верхнем и комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности наружных стен или перегородок.

Регламентация КЕО на условной горизонтальной поверхности не может достаточно полно характеризовать условия естественного освещения в помещении. Поэтому в дальнейшем целесообразно перейти на пространственные характеристики естественного освещения: коэффициенты естественной сферической (КЕСО), полусферической (КЕПО) и цилиндрической (КЕЦО) освещенности [1, 18.13].

Пространственные критерии позволяют оценить потенциальные условия видимости на рабочих поверхностях, имеющих различную ориентацию в пространстве, контрастность освещения, тенеобразование, видимость рельефных объектов и косвенно оценить ощущение достаточности естественного освещения помещения. Вместе с тем применение пространственных критериев оценки позволит отказаться от раздельного нормирования бокового и верхнего естественного освещения.

Рекомендуется применять КЕСО в помещениях с

нефиксированными рабочими поверхностями или со сложными по форме объемными объектами, например при сборке самолетов, судов, крупных машин, агрегатов, а также при освещении растений и животных.

Для оценки освещения рельефных деталей, расположенных на определенно ориентированной рабочей поверхности (например, дефектов на полотне тканей или на поверхности различных листовых материалов при монтаже мелких деталей на плате, скульптурных барельефов, пластичной художественной отделки поверхностей помещения и т. п.) используют КЕПО.

Для оценки и регламентации достаточности естественного освещения по степени насыщенности помещений светом в жилых и общественных зданиях целесообразно применять КЕЦО.

В производственных и общественных зданиях в некоторых случаях не удается обеспечить достаточное по нормам естественное освещение и приходится применять совмещенное освещение, что может быть вызвано следующими причинами: выбранные по условиям технологии и организации производства объемно-планировочные решения зданий не позволяют обеспечить достаточное по нормам естественное освещение помещений; строительстве зданий в районах СССР с суровыми климатическими условиями, в которых с целью снижения теплопотерь целесообразно сокращать площадь световых проемов до минимума; повышенными требованиями к качеству и постоянству освещения на рабочих местах, которые трудно или невозможно удовлетворить при одном естественном освещении; по условиям выбора рациональных объемно-планировочных решений общественных зданий и вспомогательных помещений промышленных предприятий помещения должны иметь большую глубину.

Применение совмещенного освещения не допускается в жилых комнатах и кухнях жилых домов, помещениях для пребывания детей, учебных и учебно-производственных помещениях, школах и учебных заведениях, кабинетах врачей и палатах учреждений здравоохранения, спальных помещениях санаториев и домов отдыха.

При одновременном использовании естественного и искусственного освещения к последнему предъявляются требования в отношении цветности, интенсивности и способов включения и регулирования.

В установках совмещенного освещения цветность и спектральные характеристики искусственного освещения должны, с одной стороны, быть увязаными со спектром естественного света, а с другой, соответствовать требованиям технологического процесса. В производственных помещениях, не связаных с различением цветов, для совмещенного освещения рекомендуются ЛЛ типа ЛХБ при работах наивысшей, очень высокой и высокой точности (I—III разряды), для которых при одном общем освещении нормируются уровни освещенности выше 300 лк; ЛЛ типа ЛБ при работах средней, малой и очень малой точности (IV—VI разряды), а также при общем наблюдении за ходом производственного процесса (VIII разряд), для которых нормируемый уровень освещенности в системе общего освещения составляет от 50 до 200 лк.

В производственных помещениях, связаных с различением цветов, для совмещенного освещения рекомендуются ЛЛ типа ЛХБЦ при работах с невысокими требованиями к цветопередаче; ЛЛ типа ЛДЦ при работах с высокими требованиями к цветопередаче, например участки контроля продукции по цвету в текстильной и полиграфической промышленности.

Нормированные значения КЕО при совмещенном освещении принимаются в соответствии с [44].

При выполнении работ I и II разрядов или при

Таблица 18.3. Минимально допустимые значения КЕО при совмещенном освещении производственных помещений

Пояса светового климата, зоны по устойчивости снежного покрова	При верхнем и комбинированном освещении и разрядах зрительной работы					При боковом освещении и разрядах зрительной работы				
	II	III	IV	V	VI	II	III	IV	V	VI
I, в зоне с устойчивым снежным покровом	3	2,4	1,8	1,2	0,8	1,1	0,9	0,7	0,4	0,2
на остальной территории пояса	3	2,4	1,8	1,2	0,8	1,3	1,1	0,8	0,6	0,3
II, в зоне с устойчивым снежным покровом	2,7	2,2	1,6	1,1	0,8	0,9	0,7	0,6	0,4	0,2
на остальной территории пояса	2,7	2,2	1,6	1,1	0,8	1,1	0,9	0,7	0,5	0,3
III, в зоне с устойчивым снежным покровом	2,5	2	1,5	1	0,7	1	0,8	0,6	0,4	0,2
на остальной территории пояса	2,5	2	1,5	1	0,7	1,2	1	0,7	0,5	0,3
IV, севернее 50° с. ш.	2	1,6	1,2	0,8	0,6	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2
50° с. ш. и южнее	1,9	1,5	1,1	0,7	0,5	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
V, севернее 40° с. ш.	1,5	1,2	0,9	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
40° с. ш. и южнее	1,3	1	0,8	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2

расположении производственных зданий в северной строительно-климатической зоне, а также в глубоких производственных помещениях с боковым освещением разрешается снижать расчетные КЕО до значений, указаных в табл. 18.3.

При снижении расчетных КЕО ниже нормированных значений при совмещенном освещении освещенность от общего искусственного освещения следует повышать в соответствии с требованиями [44].

18.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Проектирование естественного освещения должно начинаться с определения исходных требований к освещению на основе детального изучения технологических, трудовых или иных функциональных процессов, протекающих в помещениях, а также климатических и светоклиматических особенностей места строительства здания. При этом должны быть определены следующие исходные данные — точность, наличие специальных требований к естественному освещению (направление светового потока на рабочую поверхность, ощущение насыщенности светом помещения, требуемый уровень освещенности на вертикальных поверхностях и т. п.), местоположение здания на карте светового климата СССР; минимальная и максимальная температуры наружного воздуха в течение года, напряженность и продолжительность солнечной радиации; количество жидких и твердых осадков; преобладающее направление ветров в течение года в месте расположения здания; ориентация здания по сторонам горизонта; количество тепловыделений; загрязненность, влажность и наличие химически агрессивных примесей в воздухе помещений и необходимая кратность воздухообмена.

На основе исходных данных выбираются система освещения, тип световых проемов, тип и количество слоев светопропускающего заполнения, разряды зрительных работ и нормированные значения КЕО, общий

коэффициент пропускания световых проемов, необходимые солнцезащитные устройства.

В северных районах с суровым климатом и продолжительной зимой решающим требованием является обеспечение теплового комфорта в помещениях, что в значительной степени определяется площадью и теплоизолирующей способностью наружных ограждений. С этой целью форма зданий в плане выбирается близкой к квадрату и устраивается не менее чем два этажа. Основные рабочие помещения располагаются по периметру и освещаются через световые проемы в наружных стенах, а в центральной части здания размещаются подсобные и складские помещения. Для повышения термического сопротивления окон применяется трех- и четырехслойное остекление в глухом исполнении с герметизацией всех стыковых соединений. Для отделки поверхностей помещений и оборудования используется, как правило, теплая цветовая гамма, которая позволяет психологически компенсировать отрицательное влияние сурового климата на организм человека в условиях Крайнего Севера.

В южных районах с избыточной солнечной радиацией в течение года основным требованием к естественному освещению является защита помещения от светового и теплового действия инсоляции. В связи с большой продолжительностью солнечного сияния в течение года и высокой интенсивностью прямого солнечного света световые проемы в этих районах страны должны наряду с солнцезащитой выполнять функцию трансформации прямого солнечного света для естественного освещения помещений.

Примерами рациональных схем верхнего естественного освещения, совмещающих обе указанные функции, являются системы освещения с применением фонарей шед, ориентированных на север, и шахтных фонарей, шахта которых проходит через проветриваемое чердачное помещение (рис. 18.10).

При боковом естественном освещении для обеспечения удовлетворительного светового и теплового режима в зданиях, располагаемых в южных районах, обычно используют солнцезащитные устройства (рис. 18.11) или стекла. При выборе типа солнцезащитных средств надо учитывать, что горизонтальные устройства (рис. 18.11, *а* и *б*) предпочтительны при ориентации световых проемов на юг. Вертикальные экраны (рис. 18. 11, *в*) предпочтительны при ориентации световых проемов на восточную и западную четверти неба для защиты от низких лучей Солнца. Сотообразным устройствам (рис. 18.11, *г*) следует отдавать предпочтение при ориентации на юго-запад или юго-восток, т. е. в случаях, когда необходима защита от высоких и низких лучей Солнца.

Ниже рассматриваются вопросы проектирования естественного освещения для типовых помещений промышленных, общественных и жилых зданий.

Производственные помещения. Основной задачей проектирования естественного освещения производственных помещений является выбор типа и определение расположения и суммарной площади световых проемов, при которых в помещениях обеспечивается удовлетворительный световой режим и микроклимат.

Выбор системы естественного освещения помещений определяется в основном назначением и принятым объемно-планировочным решением здания, характеристиками технологии и зрительной работы, выполняемой в производственных помещениях, а также особенностями климата места строительства. Верхнее и комбинированное освещение следует преимущественно применять в одно- и двухэтажных (для верхних этажей) многопролетных зданиях (три пролета и более) промышленных и сельскохозяйственных предприятий.

Боковое естественное освещение следует применять в многоэтажных зданиях, а также в одноэтажных, в которых отношение глубины помещений к высоте окон над условной рабочей поверхностью не превышает 8.

При выборе световых проемов следует учитывать, что наряду с основной функцией — пропускать естественный свет в помещение, они должны выполнять и другую — защищать помещение от непогоды, чрезмерных потерь теплоты в зимнее время и перегрева летом,

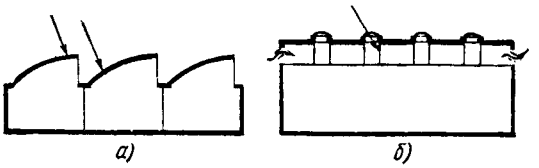


Рис. 18.10. Рациональные схемы зданий для южных районов. *а* — здание с фонарями шед ориентированными на север; *б* — здание с шахтными фонарями.

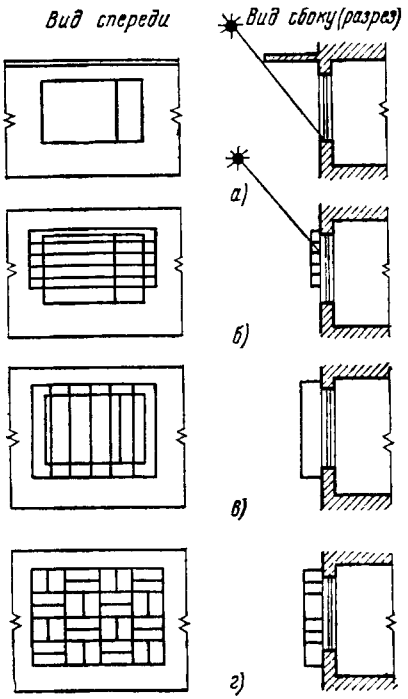


Рис. 18.11. Схема солнцезащитных устройств.

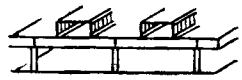
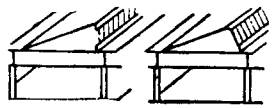
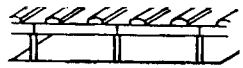
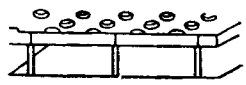
а — горизонтальный козырек; *б* — горизонтальные жалюзи; *в* — вертикальные экраны; *г* — сотообразные солнцезащитные устройства.

обеспечивать аэрацию помещений. Кроме того, светопроемы в наружных стенах (окна) должны обеспечивать возможность обзора наружного пространства.

При устройстве бокового освещения в крайних пролетах промышленных зданий, как правило, ширина окон не должна превышать 4,8 м, а высота подоконника должна быть не менее 1,4 м.

В помещениях большой глубины (более 18 м) площадь окон следует выбирать исходя из минимального КЕО при совмещенном освещении (табл. 18.3), а окна в наружных стенах следует располагать в два яруса, при этом нижний ярус окон проектируется из условий обеспечения зрительной связи с наружным пространст-

Таблица 18.4. **Типы световых проемов при верхнем естественном освещении и области их рационального применения**

Типы световых проемов	Схемы световых проемов	Преимущественная область использования		
		по условиям зрительной работы	по условиям климата места строительства	по условиям внутреннего режима
Двухсторонние фонари с вертикальным остеклением (прямоугольные)		Для зрительных работ IV—VII разрядов Для производств с вертикальным расположением рабочих поверхностей	Во II—IV строительно-климатических районах. При расположении зданий южнее 55° с. ш. остекление фонарей следует ориентировать на север и юг	Для производств, характеризуемых значительными выделениями теплоты [более 23,2 Вт/(м³·ч)]
Двухсторонние фонари с наклонным остеклением (трапециевидные)		Для зрительных работ II, III и IV разрядов	Во II (южнее 60° с. ш.) и III строительно-климатических районах. Остекление фонарей следует ориентировать на север и юг	Для производств, характеризуемых значительными выделениями теплоты [более 23,2 Вт/(м³·ч)]
Односторонние фонари с вертикальным и наклонным остеклением (шеды)		Для зрительных работ IV—VI разрядов. Для производств с требованиями постоянства условий освещения в течение рабочего дня. Для производств, допускающих одностороннее падение светового потока	В III и IV строительно-климатических районах остекление фонарей следует ориентировать на север	Для производств с нормальной средой. Для производств с кондиционированным режимом. Для производств с горячей влажной средой
Зенитные фонари, ленточные		Для зрительных работ I—III разрядов. Для зданий универсального использования. Для зданий с большой высотой	Во II—IV строительно-климатических районах. При расположении зданий южнее 55° с. ш. заполнение фонарей необходимо изготовлять из солнцезащитных стекол	Для производств, в которых суммарное выделение теплоты не превышает 23,2 Вт/(м³·ч), а выделение пыли и копоти по количеству аэрозолей составляет не более 5 мг/м³
Зенитные фонари, отдельные		Для зрительных работ III—VI и VIII разрядов. Для крупнопролетных зданий (при равномерном размещении световых проемов по покрытию)	В I—IV строительно-климатических районах. При расположении зданий южнее 55° с. ш. заполнение фонарей необходимо выполнять из солнцезащитных стекол	То же

вом, а верхний ярус — освещения удаленной от окон зоны помещения.

При выборе фонарей для верхнего естественного освещения следует руководствоваться табл. 18.4. При выборе светопропускающих материалов для заполнения световых проемов следует руководствоваться табл. 18.5. Количество слоев остекления в окнах и фонарях производственных зданий принимается в соответствии с требованиями [44].

Рабочие кабинеты зданий управления. Зрительная работа в кабинетах зданий управления заключается в чтении типографского машинописного текста, светокопий и рукописных материалов, различении деталей графических материалов, печатании на машинке и рукописной работе.

Проектирование естественного освещения рабочих кабинетов зданий управления должно производиться на основе обеспечения КЕО в глубине помещения не менее 0,6 %; обеспечения зрительной связи с наружным пространством; защиты помещений от слепящего и термического действия солнечной радиации, проникающей через световые проемы; благоприятного распределения яркостей в поле зрения.

Здания управлений располагаются обычно в районах города с наиболее высокой плотностью застройки и поэтому затеняются, как правило, противостоящими зданиями. Вместе с тем современные объемно-планировочные решения зданий управлений предусматривают рабочие кабинеты глубиной не менее 6 м при высоте 3,3 м. При этих условиях обеспечить нормированное значение КЕО (1 %) не удается и приходится переходить на совмещенное освещение, при котором норму КЕО можно принимать равной 0,6 %.

Поскольку в этом случае искусственное освещение должно работать совместно с естественным, его цветность должна удовлетворять требованиям § 18.2.

Несмотря на недостаточность естественного освещения в глубине помещения световые проемы обеспечивают зрительный контакт с наружным пространством, что устраняет ощущение оторванности от внешнего мира и способствует релаксации глазных мышц при аккомодации на внешнее пространство. Для ограничения слепящего действия окон в рабочих кабинетах необходимо предусматривать шторы или легкие регулируемые жалюзи.

При проектировании зданий управления для IV строительно-климатического района следует предусматривать оборудование световых проемов, ориентированных на сектор горизонта в пределах 200—290°, солнцезащитными устройствами. Для обеспечения необходимого соотношения яркостей в поле зрения важное значение имеет отделка поверхностей помещения. Коэффициенты отражения поверхностей помещения должны быть не менее следующих значений: 0,7 — потолка и верхней части стен; 0,5 — нижних частей стен; 0,25—пола; 0,3—мебели.

Школьные классы. Проектирование естественного освещения учебных помещений в общеобразовательных школах должно производиться на основе обеспечения нормированных значений КЕО на партах или столах и

Таблица 18.5. **Светопропускающие материалы и области их рационального использования**

Наименование материала	Область использования материала			Область, где применение материала не допускается или ограничивается
	по условиям конструкции и расположения светового проема	по условиям климата места строительства	по условиям внутренней среды помещения	
Стекло листовое (силикатное)	Для остекления окон, фонарей и перегородок Примечание. При использовании в наклонных и горизонтальных световых проемах для верхнего естественного освещения под стеклом необходимо устраивать защитные металлические сетки	Во всех климатических зонах	В производственных и вспомогательных помещениях промышленных и сельскохозяйственных предприятий, предприятий транспорта и связи	Помещения с агрессивной средой, вызывающей коррозию стекла, и высокой влажностью воздуха
Стеклопакеты	Для остекления окон и фонарей Примечание. При наклонном и горизонтальном расположении стеклопакетов в световых проемах со стороны помещения следует устраивать защитные сетки	То же	То же	То же
Стекло листовое армированное	Для остекления фонарей верхнего света при наклонном и горизонтальном расположении стекла, окон и дверей при наличии требований повышенной механической прочности остекления	» »	В производственных и вспомогательных зданиях промышленных и сельскохозяйственных предприятий, предприятий транспорта и связи, складов	» »
Стекло теплоотражающее	Для остекления окон и фонарей	В III и IV строительно-климатических районах	В производственных и общественных зданиях с кондиционированным режимом или повышенными требованиями к постоянству температурно-влажностного режима с постоянным пребыванием людей	» »
Профильное стекло	Для заполнения световых проемов в стенах и покрытиях, а также для устройства внутренних перегородок зданий	Во всех климатических районах	В производственных и вспомогательных зданиях промышленных и сельскохозяйственных предприятий, предприятий транспорта и связи, на складах	Производственные здания с кранами тяжелого и весьма тяжелого режима работ, а также внутрицеховые и межцеховые перегородки взрывоопасных помещений и перегородки ограждающих путей эвакуации
Пустотелые стеклянные блоки	Для заполнения световых проемов в стенах и покрытиях, а также для устройства внутренних перегородок зданий	В зданиях, располагаемых в районах, характеризующихся резко континентальным климатом — с низкими температурами воздуха и сильными ветрами (I и II строительно-климатические районы), а также в южных районах (для защиты помещений от теплового действия солнечной радиации)	В производственных помещениях с агрессивной средой или высокой влажностью воздуха (например, в гидролизных цехах цветной металлургии, на фабриках-прачечных и др.). В производственных помещениях, где предъявляются повышенные требования к защите от слепящего действия прямого солнечного света. В помещениях производственных и общественных зданий с повышенными гигиеническими требованиями (например, в цехах пищевой промышленности и крытых спортивных сооружениях). В помещениях с повышенными требованиями к пожарной безопасности (например, в гаражах, на складах горючих материалов и т. п.)	Взрывоопасные производственные помещения
Стекло матовое	Для заполнения световых проемов при верхнем естественном освещении	В зданиях, располагаемых в III и IV строительно-климатических районах	В производственных помещениях с постоянным пребыванием работающих, к которым предъявляются повышенные требования по защите от слепящего действия прямого солнечного света	Части световых проемов, обеспечивающие зрительную связь с наружным пространством
Стекло узорчатое	Для остекления окон, перегородок	Во всех климатических районах	В помещениях, где требуется уменьшить слепящее действие прямого солнечного света	Производственные помещения с умеренным и значительным загрязнением стекла пылью и копотью

Продолжение табл. 18.5

Наименование материала	Область использования материала			Область, где применение материала не допускается или ограничивается
	по условиям конструкции и расположения светового проема	по условиям климата места строительства	по условиям внутренней среды помещения	
Органическое стекло	Для заполнения зенитных фонарей	Во всех климатических районах СССР Примечание. При применении в III и IV строительно-климатических районах должны быть предусмотрены солнцезащитные устройства	В производственных зданиях с выделениями, вызывающими коррозию силикатного стекла; в производственных зданиях с кранами тяжелого режима работы	Производственные помещения с повышенной пожароопасностью
Стеклопластик листовой (бесцветный) и панели из стеклопластика	Для заполнения световых проемов, устройств ограждений и перегородок	Во всех климатических районах СССР	В производственных и вспомогательных зданиях промышленных и сельскохозяйственных предприятий. В зданиях павильонного сборно-разборного типа	То же

и благоприятной свето-цветовой среды в помещениях.

Основной системой естественного освещения школьных классов при трех- и четырехрядном расположении парт является боковое освещение, при котором окна располагаются с левой стороны от учащихся так, чтобы на рабочих поверхностях не возникало теней от ручки при письме. В этом случае нормированный КЕО обеспечивается при следующих условиях: глубина класса не более 8 м; относительная площадь световых проемов должна составлять не менее 20 % площади пола или не менее 50 % площади наружной стены; общий коэффициент светопропускания окон должен быть не менее 0,5 при раздельных переплетах и 0,6 при спаренных; средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения должен быть не менее 0,5.

Чертежные и рисовальные кабинеты, а также кабинеты, оборудованные техническими средствами обучения, можно проектировать с одним верхним освещением через световые проемы в покрытии. Все остальные учебные помещения должны иметь, как правило, боковое освещение через окна в наружных стенах.

В школьных классах весьма важная функция окон заключается в зрительной связи с наружным пространством. Исследования физиологов и гигиенистов показывают, что у учащихся, лишенных на длительное время зрительной связи с наружным пространством, снижается способность к восприятию учебного материала. По этим причинам необходимо предусматривать окна и в рекреационных помещениях. Большое психофизиологическое воздействие на учащихся оказывает также цветовая отделка поверхностей интерьера. Оптимальным для отделки учебных помещений принято считать зеленый, желтый, сине-зеленый и белый цвета. При южной ориентации светопроемов рекомендуются холодные тона, при северной — более теплые. В лабораториях, кабинетах черчения и рисования, где важно точное различение цвета, пол, стены и мебель следует окрашивать ахроматическими колерами.

Поверхности учебных помещений должны иметь коэффициенты отражения не менее: 0,8 для потолков и верхних частей стен, 0,5 для панелей стен, 0,4 для мебели и 0,25 для полов.

Отделка учебных помещений, наряду с обеспечением общего цветового комфорта, должна концентрировать внимание учащихся на классной доске. Для доски рекомендуется зеленый цвет средней насыщенности. Для предотвращения бликов световой поток должен падать на доску под возможно малым углом. Коэффициент отражения стены, на которой расположена доска, не должен быть слишком большим, так как чрезмерный контраст доски с фоном затрудняет чтение меловых надписей. Соотношения яркостей в поле зрения учащихся не должны превышать 3 : 1 между тетрадью и поверхностью стола, 10:1 между тетрадью и стеной (полом), 1:3 между классной доской и стеной и 20:1 между световым проемом и стеной.

В школах, проектируемых для строительства во II—IV строительно-климатических районах, при необходимости устранения слепящего действия от прямой или отраженной блескости и перегрева при инсоляции должно предусматриваться оборудование световых проемов солнцезащитными устройствами.

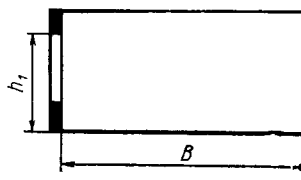


Рис. 18.12. Схематический разрез жилой комнаты.
h_1 — высота верхнего края проема над уровнем пола; B — глубина комнаты.

Жилые помещения. Основным фактором, влияющим на естественное освещение жилых помещений, является их форма в плане. Чем меньше глубина помещения, тем легче обеспечить требуемые уровни естественного освещения и наоборот. Для обеспечения хороших условий естественного освещения отношение глубины помещения B к высоте верхней грани окна над полом h_1 не должно, как правило, превышать 2,5 (рис. 18.12). При этом прямой свет от неба должен проникать не менее чем на половину глубины помещения, считая по характерному разрезу помещения на уровне пола.

В соответствии с [44] в жилом помещении нормированное значение КЕО (0,5 %) должно обеспечиваться на полу в точке характерного разреза на расстоянии 1 м от стены, противоположной световым проемам.

Зарубежные исследования показали, что для ощущения достаточности освещения в жилой комнате необходимо обеспечить в течение зимы естественную освещенность не менее 50 лк и в течение летнего сезона не менее 170 лк, что соответствует минимальному КЕО 0,9 % в двух точках на расстоянии 1 м от боковых стен на середине глубины помещения на $\Gamma = 0{,}8$ м.

Для удовлетворительного естественного освещения жилого помещения весьма важно выбрать соответствующие размеры проема в зависимости от его площади и глубины. Ориентировочные значения отношения

Таблица 18.6. Отношение площади окон к площади пола в жилых помещениях

Конструкция окон		Рекомендуемая относительная площадь окон, %, при глубине комнат, м			
Переплеты	Количество слоев стекла	2,5—3,5	3,5—4,0	4,0—5,0	5,0—6,0
Одинарные	1	10	13	15	18
Спаренные	2	12,5	14	18,5	22
Раздельные	2	13,5	15,5	21	25
Раздельно-спаренные	3	17	25	—	—

площади окон к площади пола (в процентах), обеспечивающие нормированное значение КЕО в жилых комнатах разной глубины, приведены в табл. 18.6. После выбора окна следует определить расчетное значение КЕО по рис. 18.13, сравнить его с нормированным и при необходимости увеличить или уменьшить площадь окна.

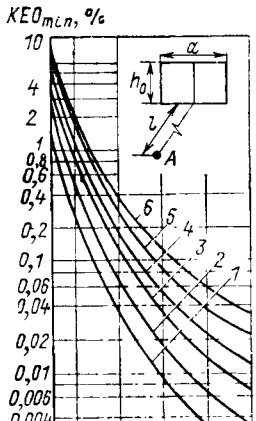


Рис. 18.13. График для определения минимального значения КЕО в помещениях с окнами в наружной стене ($\tau_0/K_з$ =0.48).

l — расстояние от наружной стены до расчетной точки *A*; h_0 — высота окна; h_1 — высота верхней грани окна над условной рабочей поверхностью; *1* — a/h_0=0,5; *2* — a/h_0=1; *3* — a/h_0=2; *4* — a/h_0=3; *5* — a/h_0=6; *6* — a/h_0=9.

Существенное влияние на естественную освещенность жилых помещений оказывают удаление, размеры, форма и отделка противостоящих зданий. Учитывая многообразие возможных вариантов городской застройки, при проектировании естественного освещения жилых зданий возможен только ориентировочный учет их затеняющего влияния в соответствии с табл. 18.7, где даны значения коэффициентов, на которые необходимо умножать КЕО, определенный по рис. 18.13.

Таблица 18.7. Значения коэффициента $K_{зд}$, учитывающего затенение окон противостоящими зданиями

Отношение расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием к высоте расположения карниза противостоящего здания	$K_{зд}$
0,5	0,6
1	0,7
1,5	0,8
2	0,9
3 и более	1

В последние годы в жилых домах стали весьма часто применяться лоджии, которые в большинстве случаев обогащают архитектуру здания и улучшают его эксплуатационные возможности, однако в условиях холодного и умеренного климата снижают уровень естественной освещенности в помещении. В связи с этим устройство лоджий необходимо увязывать с планировочным решением квартир. В кухнях и неглубоких комнатах обычно обеспечиваются высокие уровни естественного освещения, поэтому применение лоджии в них оправдано. В комнатах, обладающих большой глубиной (5—6 м), применять лоджии, как правило, не рекомендуется, так как при этом очень трудно обеспечить нормированное значение КЕО.

В условиях современной городской застройки обеспечение естественного освещения в соответствии с требованиями норм наиболее затруднительно в жилых комнатах, расположенных на первом и втором этажах зданий, вследствие затенения естественного света противостоящей застройкой. Эти трудности увеличиваются в настоящее время в связи с усиливающейся тенденцией уплотнения городской застройки. Для увеличения коэффициента использования естественного освещения в этих условиях следует применять преимущественно светлую отделку фасадов зданий и внутренних поверхностей жилых помещений, расположенных на нижних этажах зданий.

Применение светлой отделки позволяет увеличить КЕО в глубине комнат на 30—60 %.

В жилых зданиях высотой три этажа и более, располагаемых в III и IV строительно-климатических районах, световые проемы, а в IV районе также проемы лоджий и веранд, обращенные на сектор горизонта 200—290°, должны быть оборудованы наружными регулируемыми солнцезащитными устройствами.

Выставочные помещения. Одной из важнейших задач освещения выставочных помещений является обеспечение благоприятных условий восприятия экспонатов, которые определяются освещением самих экспонатов и окружающего пространства. Освещение экспонатов характеризуется средним значением КЕО в выставочной зоне помещения, неравномерностью освещенности в пределах выставочной зоны и направлением падения основного светового потока на плоскость выставочной зоны. Нормированное среднее значение КЕО в плоскости выставочной зоны равно 1,5 %; отношение максимального КЕО к минимальному в пределах выставочной зоны не должно превышать 3.

Угол падения прямого света на плоские экспонаты (картины, плакаты, гравюры, ткани и т. п.) при расположении их на стенах помещения или вертикальных стендах выбирается в пределах от 45 до 75° (по отношению к горизонтали). При углах, бо́льших 75°, создаются тени (от рамок и фактуры), искажающие облик экспонатов; при углах менее 45° отблески от экспонатов с блестящей фактурой будут попадать в глаза посетителей.

Угол падения прямого света на объемные экспонаты выбирается в пределах от 30 до 50°; такое направление падения света в наилучшей степени выявляет форму и детали объемных экспонатов.

Освещение окружающего пространства должно обеспечивать следующие требования: соответствующее распределение освещенности и яркости в помещении; ограничение слепящего действия световых проемов; устранение инсоляции помещения.

Предпочтительными приемами естественного освещения выставочных залов являются те, которые создают максимальную освещенность в выставочной зоне и минимальную в зоне нахождения посетителей. Для ограничения слепящего действия световых проемов в выставочных помещениях световые проемы по возможности должны быть скрыты от посетителей и не попадать в поле их зрения при осмотре экспонатов. Все поверхности интерьера должны быть окрашены таким образом, чтобы их яркости не конкурировали с яркостями экспонатов.

В помещениях, предназначенных для экспозиции живописи, графики, тканей, ковров, гобеленов и тому подобных экспонатов, прямой солнечный свет должен

быть исключен вследствие его разрушающего действия на красители, ткани и бумагу. Для устранения инсоляции в этих помещениях целесообразно выбирать ориентацию световых проемов на северную четверть небосвода (северо-восток, север, северо-запад). При другой ориентации необходимо применять солнцезащитные устройства в виде регулируемых междурамных или наружных жалюзи.

В экспозиционных помещениях с объемными экспонатами (скульптура, архитектура, машины и т. п.) инсоляция желательна, так как прямой солнечный свет в наилучшей степени выявляет форму и детали экспонатов. Для этих помещений ориентацию световых проемов следует выбирать на юго-восток, юг и юго-запад.

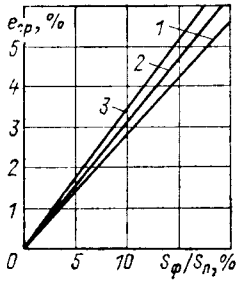
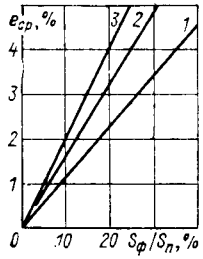


Рис. 18.14. График для определения среднего значения КЕО в помещениях с зенитными фонарями.

$S_ф$ — площадь фонарей; $S_п$ — площадка пола; *1* — один пролет; *2* — два пролета; *3* — три пролета; $\tau_0/K_з = 0{,}316$.



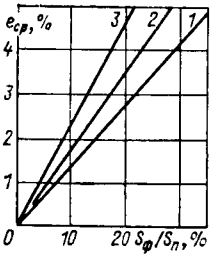
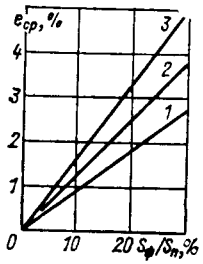


Рис. 18.15. График для определения среднего значения КЕО в помещениях с прямоугольными фонарями.

Обозначения — по рис. 18.14. $\tau_0/K_з = 0{,}425$.

Рис. 18.16. График для определения среднего значения КЕО в помещениях с фонарями шед, имеющими наклонное остекление

Обозначения — по рис. 18.14, $\tau_0/K_з = 0{,}335$.



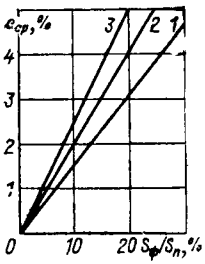


Рис. 18.17. График для определения среднего значения КЕО в помещениях с фонарями шед, имеющими вертикальное остекление.

Обозначения — по рис. 18.14, $\tau_0/K_з = 0{,}425$.

Рис. 18.18. График для определения среднего значения КЕО в помещениях с трапециевидными фонарями.
Обозначения по рис. 18.15, $\tau_0/K_з = 0{,}335$.

В некоторых случаях наилучшее освещение выставочного помещения достигается при совместном использовании естественного и искусственного света. Осветительные приборы для подсвета целесообразно устраивать при недостаточном естественном освещении; в случаях необходимости иметь интенсивное местное освещение экспонатов (машин, агрегатов, витрин и стеклянных шкафов с мелкими экспонатами); при необходимости выделить световыми средствами из объема интерьера отдельные экспонаты или их группы (скульптуры, панно, картины и т. п.); при неблагоприятном распределении освещенности в помещении (например, когда часть экспозиционной площади находится в тени).

Подсвет необходимо осуществлять преимуществеиио ИС, излучение которых по спектру приближается к дневному освещению. Для подсвета должны быть применены специальные ОП, которые располагаются, как правило, скрыто от посетителей (размещаются за подвесными потолками, встраиваются в мебель или экспозиционное оборудование). При этом тщательно продумывается направление основного светового потока, чтобы исключить, с одной стороны, возможность попадания в поле зрения посетителей незащищенных ИС; с другой, возможность появления ярких бликов на экспонатах с полированными поверхностями.

Расчет естественного освещения. Соблюдение требований норм естественного и совмещенного освещения определяется расчетом КЕО в помещении на условной рабочей поверхности.

Среднее значение КЕО в помещении с верхним естественным освещением по заданной площади световых проемов определяется для фонарей: зенитных — по рис. 18.14, с вертикальным двухсторонним остеклением (прямоугольных) — по рис. 18.15, с наклонным двухсторонним остеклением (трапецневидных) — по рис. 18.16, с вертикальным односторонним остеклением (шеды) — по рис. 18.17, с наклонным односторонним остеклением (шеды) — по рис. 18.18.

Определение КЕО по рис. 18.14—18.18 выполняется в следующем порядке:

1) по строительным чертежам определяют суммарную площадь световых проемов (в свету) в фонарях $S_ф$ и освещаемую площадь помещения под ними $S_п$ и определяют отношение $S_ф/S_п$;

2) по относительной площади световых проемов $S_ф/S_п$ и количеству пролетов в помещении устанавливают соответствующий рисунок и прямую на нем;

3) на прямой находят точку с абсциссой значения $S_ф/S_п$ (определенного в пункте 1);

4) по ординате найденной точки определяют среднее значение КЕО в помещении.

Графики на рис. 18.14—18.18 разработаны применительно к наиболее часто встречающимся в практике проектирования габаритным схемам производственных помещений и типовому заполнению световых проемов, зенитных фонарей (рис. 18.14) стеклопакетами по металлическим одинарным глухим переплетам; прямоугольных фонарей (рис. 18.15) одним слоем оконного листового стекла по одинарным открывающимся переплетам; трапецневидных фонарей (рис. 18.16) по металлическим одинарным открывающимся переплетам; фонарей шед с вертикальным остеклением (рис. 18.17) одним слоем оконного листового стекла по металлическим одинарным открывающимся переплетам; фонарей шед с наклонным остеклением (рис. 18.18) по металлическим одинарным открывающимся переплетам; окон в наружных стенах (рис. 18.13) двумя слоями листового оконного стекла по металлическим двойным открывающимся переплетам.

Если в проекте здания приняты другие типы заполнений световых проемов, найденное по рис. 18.14—18.18

Таблица 18.8. Значения поправочного коэффициента K_1 при различных типах заполнения световых проемов

Тип заполнения	K_1
Один слой оконного стекла по стальным одинарным глухим переплетам	1,2
Два слоя оконного стекла по стальным двойным открывающимся переплетам	0,7
Два слоя оконного стекла по стальным двойным глухим переплетам	0,95
Стеклопакеты по стальным одинарным открывающимся переплетам	0,8
Стеклопакеты по стальным одинарным глухим переплетам	0,9
Профильное стекло	0,8
Пустотелые стеклоблоки	0,65

Примечание. Значения K_1 в случае профильного стекла приведены для зенитных фонарей и скон, а в случае пустотелых стеклянных блоков — только для окон.

Таблица 18.9. Значения коэффициента K_2 при расчете среднего КЕО от фонарей прямоугольных, трапециевидных и шед

Высота до низа остекления фонаря, м	Длина помещения $l_п$, м				
	≥72	60	48	36	24
10	1	0,95	0,9	0,8	0,7
15	0,85	0,83	0,8	0,7	0,55
25	0,65	0,6	0,55	0,45	0,32
35	0,55	0,48	0,45	0,32	0,18
45	0,5	0,43	0,35	0,23	0,12
55	0,47	0,4	0,32	0,2	0,1

Таблица 18.10. Значения коэффициента K_2 при расчете среднего КЕО от зенитных фонарей

Высота до заполнения фонаря, м	Коэффициент K_2	Высота до заполнения фонаря, м	Коэффициент K_2
15	0,95	40	0,73
20	0,91	45	0,68
25	0,87	50	0,64
30	0,84	55	0,6
35	0,77		

среднее значение КЕО следует умножить на поправочный коэффициент K_1 согласно табл. 18.8.

Когда при верхнем освещении длина помещения меньше 72 м или высота более 10 м, найденное по рис. 18.15—18.19 значение КЕО следует умножать на поправочный коэффициент K_2 при фонарях прямоугольных, трапециевидных и шед согласно табл. 18.9 и зенитных согласно табл. 18.10.

В помещениях с боковым естественным освещением для точек, лежащих на условной рабочей поверхности [когда можно принять, что высота верхней грани окна над условной поверхностью h_1 приблизительно равна h_0], минимальное значение КЕО определяется по рис. 18.13. Если расчет производится в точках, расположенных на полу помещения (жилые комнаты), минимальное значение КЕО (e_{min}) определяется как разность

$$e_{min} = e_1 - e_2,$$

где e_1 — КЕО по рис. 18.13 для условного окна высотой $h_0 = h_1$; e_2 — КЕО по рис. 18.13 для условного окна, имеющего высоту d (d — высота подоконника над полом).

На рис. 18.13 приведены минимальные значения КЕО при ленточном или одном окне в наружной стене помещения; в случаях, когда имеется ряд отдельных

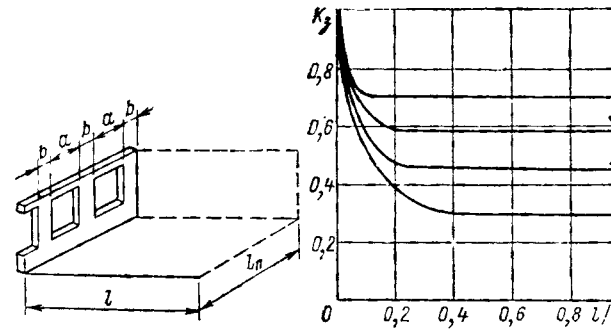


Рис. 18.19. График для определения значений поправочного коэффициента K_3 при освещении помещений через окна в наружной стене.

l — расстояние от наружной стены до расчетной точки; $l_п$ — ширина помещения; *1* — $b/a=2$; *2* — $b/a=1$; *3* — $b/a=0{,}5$; *4* — $b/a=0{,}25$.

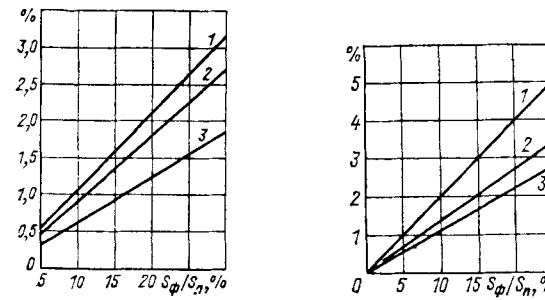


Рис. 18.20. График для определения средних значений коэффициентов естественной сферической (*3*), полусферической (*1*) и цилиндрической (*2*) освещенности в помещениях с прямоугольными двухсторонними фонарями. $\tau_0/K_3 = 0{,}425$.

$S_ф$ — площадь фонарей; $S_п$ — площадь пола.

Рис. 18.21. График для определения средних значений коэффициентов естественной сферической (*3*), полусферической (*1*) и цилиндрической (*2*) освещенности в помещениях с зенитными фонарями $\tau_0/K_3 = 0{,}316$.

$S_ф$ — площадь фонарей; $S_п$ — площадь пола.

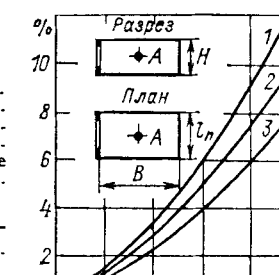


Рис. 18.22. График для определения коэффициентов естественной сферической (*2*), полусферической (*3*) и цилиндрической (*1*) освещенности в центре объема помещения (точка *A*). $\tau_0/K_3 = 0{,}48$.

B — глубина; H — высота; $l_п$ — ширина помещения; индекс помещения $i = Hl_п/B(H+l_п)$.

окон, найденное значение КЕО для соответствующего окна умножают на коэффициент K_3 согласно рис. 18.19.

Приближенный расчет коэффициентов естественной сферической, полусферической и цилиндрической освещенности следует проводить при верхнем освещении через прямоугольные фонари по рис. 18.20, через зенитные фонари — по рис. 18.21; при боковом освещении — по рис. 18.22.

На рис. 18.20 и 18.21 приведены средние значения коэффициентов по характерному разрезу многопролетных помещений на уровне рабочей поверхности при средневзвешенном коэффициенте отражения внутренних поверхностей помещения, равном 0,4.

На рис. 18.22 значения КЕСО, КЕПО и КЕЦО приведены для точки A в центре объема помещения при отношении ширины окна к ширине помещения, равном 0,7, средневзвешенном коэффициенте отражения поверхностей помещения 0,4 и коэффициенте отражения земной поверхности 0,25.

18.4. ИЗМЕРЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

В некоторых случаях возникает необходимость в объективной оценке естественного освещения помещений на основе измерений КЕО с помощью люксметров, которые должны быть предварительно проградуированы на фотометрической скамье и иметь светофильтры для косинусной и спектральной коррекции селеновых фотоэлементов.

Учитывая, что все расчеты и нормы КЕО исходят из стандартного облачного неба МКО, измерения КЕО могут производиться только при сплошной равномерной десятибалльной облачности.

Для измерения КЕО заготовляется журнал натурных измерений, в котором указываются: место, время и условия измерений — адрес обследуемого объекта, дата измерений, режим облачности; приборы — номера внутреннего и наружного люксметров, фильтры на фотоэлементах, коэффициент пропорциональности между показаниями люксметров, дата градуировки; световые проемы — ориентация по сторонам горизонта, размеры (высота и ширина), толщина стены (ширина оконных откосов) или высота стенок проема зенитных фонарей, высота подоконника или нижней грани проема фонарей над расчетной поверхностью, тип переплетов, светопрозрачный материал и коэффициент его светопропускания; вид солнцезащитных устройств; помещение — этаж (высота над уровнем земли), расположение световых проемов на разрезе и на плане помещения, размеры помещения (ширина, длина, высота), коэффициенты отражения поверхностей помещения (стен, потолка, колонн, ферм, балок); оборудование — габаритные размеры, расположение на разрезе и плане помещения, коэффициенты отражения поверхностей; противостоящие здания (если они затеняют световые проемы рассматриваемого здания) — размеры и расположение их, средневзвешенный коэффициент отражения (с учетом площади и коэффициента отражения световых проемов); подстилающий слой — краткая характеристика (песок, асфальт, трава и т. п.), средний коэффициент отражения. Кроме этих данных журнал должен содержать таблицы для записи результатов измерений.

Затем производится одновременное измерение естественной освещенности внутри помещения $E_{вт}$ и на горизонтальной площадке под полиостью открытым небосводом $E_{вш}$ (например, снаружи на кровле здания или другом возвышенном месте). Измерение естественной освещенности внутри помещения $E_{вт}$ обычно производится не менее чем в пяти точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности наружных стен и внутренних перегородок (или от осей средних колонн).

В силу изменчивости естественной освещенности даже при сплошной облачности каждое измерение освещенности внутри помещения должно сопровождаться одновременным измерением внешней освещенности $E_{вш}$. КЕО в процентах определяется из соотношения

$$КЕО = \frac{E_{вт}}{E_{вш}} 100. \qquad (18.2)$$

Поскольку большинство люксметров имеют линейные градуировочные графики, удобнее КЕО определять по формуле

$$КЕО = k \frac{N_{вт}}{N_{вш}} 100, \qquad (18.3)$$

где $N_{вт}$ — число делений на шкале люксметра, находящегося внутри помещения; $N_{вш}$ — число делений на шкале люксметра, находящегося под открытым небом; k — коэффициент пропорциональности между показаниями внутреннего и наружного люксметра.

Измерение в каждой точке для исключения случайных ошибок следует проводить не менее двух раз, полученные результаты необходимо усреднять.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

18.1. **Коган А. И.** О генетической связи зрения со светом и с движением. — В кн.: Свет как элемент жизненной среды человека. — М.: ВНИИТЭ, 1972. — 131 с.

18.2. **Markus T. A.** The function on windows. — A Reappraisal Building Science, 1967, № 2, p. 97—121.

18.3. **Гончаров Н. П., Киреев Н. Н.** Зрительная работоспособность при естественном и искусственном освещении. — Светотехника, 1977, № 9, с. 5—7.

18.4. **Агаджанян Н. А.** Биологические ритмы. — М.: Медицина, 1967. — 196 с.

18.5. **Парфенов А. П.** Солнечное голодание человека. Л.: Медицина, 1963. — 192 с.

18.6. **Дроздов В. А.** Фонари и окна промышленных зданий. — М.: Стройиздат, 1972. — 331 с.

18.7. **Альперин В. И., Чапский К. А.** Светопрозрачные стеклопластики в строительстве. — М.: Стройиздат, 1968, 175 с.

18.8. **Боидарев К. Т.** Стеклопакеты. — Киев: Госстройиздат УССР, 1961. — 58 с.

18.9. **Боидарев К. Т.** Стекло в строительстве. — Киев: Будівельник, 1969. — 346 с.

18.10. **Специальные** строительные стекла/С. П. Соловьев, М. А. Царицын, О. В. Воробьева, Г. П. Замаев. — М.: Стройиздат, 1971. — 190 с.

18.11. **Киреев Н. Н., Земцов В. А.** Световые характеристики зенитных фонарей шахтного типа. — Тр. НИИСФ, вып. 20 (XXXIV), Строительная светотехника, 1978. 113 с.

18.12. **СН-245-71.** Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.

18.13. **Дашкевич Л. Л.** Оценка условий естественного освещения помещений применительно к задачам строительного проектирования. Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук. — М.: 1951. — 46 с.

СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гершун А. А.** Избранные труды по фотометрии и светотехнике. — М.: Физматгиз, 1958. — 548 с.
2. **Кравков С. В.** Глаз и его работа. — М. — Л.: Изд-во АН СССР, 1950. — 531 с.
3. **Майзель С. О.** Трансформация лучистой энергии в сетчатке человеческого глаза. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1963. — 264 с.
4. **Мешков В. В.** Осветительные установки. — М.—Л.: Госэнергоиздат, 1947. — 640 с.
5. **Мешков В. В.** Основы светотехники, Ч. 1. — М.: Энергия, 1979. — 378 с.
6. **Мешков В. В.** Основы светотехники, Ч. 2. — М.: Госэнергоиздат, 1961. — 416 с.
7. **Гуревич М. М.** Введение в фотометрию. — М.: Энергия, 1968. — 92 с.
8. **Сапожников Р. А.** Теоретическая фотометрия.—М.: Энергия, 1977. — 261 с.
9. **Тиходеев П. М.** Световые измерения в светотехнике.— М. — Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 460 с.
10. **Волькенштейн А. А.** Визуальная фотометрия малых яркостей. — М.: Энергия, 1965. — 142 с.
11. **Мешков В. В., Епанешников М. М.** Осветительные установки, — М.: Энергия, 1972. — 360 с.
12. **Епанешников М. М.** Электрическое освещение. — М.: Энергия, 1973. — 352 с.
13. **Киорринг Г. М.** Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. — Л.: Энергия, 1973. — 200 с.
14. **Гуторов М. М.** Основы светотехники и источники света. — М.: Энергия, 1968. — 392 с.
15. **Электрическое** освещение производственных и гражданских зданий/Н. В. Волоцкой Г. М. Киорринг, М. С. Рябов, А. С. Шайкевич. — М.: Энергия. 1964. 768 с.
16. **Шайкевич А. С.** Качество промышленного освещения и пути его повышения. — М. — Л.: Госэнергоиздат, 1962. — 296 с.
17. **Рябов М. С., Циперман Л. А.** Электрическая часть осветительных установок. — М.: Энергия, 1966. — 360 с.
18. **Клюев С. А.** Освещение производственных помещений.— М.: Энергия, 1979. — 152 с
19. **Дадиомов М. С.** Прожекторное освещение. — М. — Л.: Госэнергоиздат, 1978. — 169 с.
20. **Лурье М. Г., Райцельский Л. А., Циперман Л. А.** Устройство, монтаж и эксплуатация осветительных установок.— М.: Энергия, 1976. — 264 с.
21. **Гусев Н. М., Макаревич В. Г.** Световая архитектура.— М.: Стройиздат, 1973. — 246 с.
22. **Гусев Н. М.** Естественное освещение зданий. — М: Госстройиздат, 1961. — 169 с.
23. **Справочник** по осветительной технике/Под ред. Л. Д. Белькинда. — М.: ОНТИ. Главная редакция энергетической литературы, 1935. — 648 с.
24. **Справочная** книга по светотехнике/Под ред. В. С. Кулебакина. — М.: Изд-во АН СССР, Т. I, 1956. — 471 с.
25. То же, Т. II, 1958. — 454 с.
26. **Справочная** книга для проектирования электрического освещения/Под ред. Г. М. Киорринга —Л.: Энергия. 1976.—384 с.
27. **Международный** светотехнический словарь. 3-е изд. — М.: Русский язык, 1979. — 278 с.
28. **Рохлин Г. Н.** Газоразрядные источники света. — М. — Л.: Энергия, 1966. — 550 с.
29. **Литвинов В. С., Рохлин Г. Н.** Тепловые источники оптического излучения. — М.: Энергия. 1975. — 248 с.
30. **Уаймаус Д.** Газоразрядные лампы,—М.: Энергия, 1977.— 344 с.
31. **Импульсные** источники света/Под ред. И. С. Маршака. — М.: Энергия, 1978. — 472 с.
32. **Ртутные** лампы высокого давления. — М.: Энергия. 1971. — 328 с.
33. **Штурм Г. К.** Пускорегулирующая аппаратура и схемы включения люминесцентных ламп. — М.: Изд-во иностр. лит., 1961. — 374 с.
34. **Фугенфиров М. И.** Электрические схемы с газоразрядными лампами. — М.: Энергия, 1974. — 368 с.
35. **Скобелев В. М., Афанасьева Е. И.** Источники света и пускорегулирующая аппаратура. — М: Энергия, 1973. — 368 с.
36. **Карякин Н. А.** Световые приборы прожекторного и проекторного типов. — М.: Высшая школа, 1966. — 408 с.
37. **Карякин Н. А.** Световые приборы. — М.: Высшая школа, 1975. — 335 с.
38. **Трембач В. В.** Световые приборы. — М.: Высшая школа, 1972. — 496 с.
39. **Жилинский Ю. М., Свентицкий И. Н.** Сельскохозяйственная светотехника. — М.: Колос, 1972. — 265 с.
40. **Айзенберг Ю. Б.** Световые приборы. — М.: Энергия, 1980. — 480 с.
41. **Долгополов В. И.** Светотехнические материалы. — М.: Энергия. 1972. — 168 с.
42. **Мельников Ю. Ф.** Светотехнические материалы. — М.; Высшая школа, 1976. — 151 с.
43. **Розенталь Э. С.** Электроустановочные изделия. — М.: Энергия, 1975. — 168 с.
44. **СНиП II-4-79.** Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.
45. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ-76). Разд. VI. Электрическое освещение. — М.: Атомиздат, 1977, с. 48—59.
46. **ГОСТ 15049-74.** Лампы электрические. Термины и определения.
47. **ГОСТ 2239-79.** Лампы накаливания электрические общего назначения. Технические условия.
48. **ГОСТ 6825-74.** Лампы люминесцентные ртутные низкого давления.
49. **ГОСТ 16354-77.** Лампы ртутные дуговые высокого давления. Технические условия.
50. **ГОСТ 14254-69.** Оболочки. Степени защиты.
51. **ГОСТ 13828-74.** Светильники. Виды и обозначения.
52. **ГОСТ 16703-79.** Световые приборы и комплексы. Термины и определения.
53. **Правила** изготовления взрывозащищенного и рудничного электрооборудования. — М., Энергия, 1969. — 222 с.
54. **Правила** технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — М.: Атомиздат, 1972. — 352 с.
55. **Указания** по проектированию и эксплуатации установок искусственного ультрафиолетового облучения на промышленных предприятиях. — Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок. Тяжпромэлектропроект, 1975, № 6, с. 30—39.
56. **Методика** (основные положения), определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.— М.: Экономика, 1977. — 48 с.
57. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ-76). Разд. VII. Электрооборудование специальных установок. — М.: Атомиздат. 1980. — 104 с.
58. **Руководство** по выбору цветности и цветопередачи источников света при проектировании искусственного освещения НИИСФ. — М.; Стройиздат, 1980. — 40 с.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Адаптация:
  световая 20
  темновая 19
  цветовая 48
Аднспаропия 22
  ахроматическая 163
  хроматическая 163
Арматура светотехническая 111
Атласы цветов 45

Б

Балласт 137
Блеск:
  пороговый 17
  эффективный 22
Блескость 161, 171
Быстрота различения 22

В

Ввод токовый 55
Вектор:
  световой 16
  цвета 41
Вина закон 53
Вуалирующая пелена 20
Выключатель 155

Г

Газовое наполнение 73
Грассмана законы 41

Д

Диаскоп 113
Дискомфорт 20
Дроссель 138
Дуговой разряд 70

З

Затраты:
  капитальные 218
  приведенные 218
  эксплуатационные 218
Зона:
  взрывоопасная 245
  пожароопасная 245
Зажигание разряда 71
Зажим контактный 155
Законы смешения цветов 41
Защита экспонатов от разрушающего действия света 361
Зрительная индукция 20
Зрительная инерция 21
Зрительная работоспособность 21, 156
Зрительное утомление 22

И

Излучатель 184
Излучение:
  бактерицидное 15
  видимое 9
  инфракрасное 9
  оптическое 51
  резонансное 75
  тепловое 51
  ультрафиолетовое 9
  эритемное 446
Измерения:
  световые 28
  цветовые 45
Индекс цветопередачи 48
Источник питания независимый 210

К

Катод 74
Качественные показатели освещения 160
Кирхгофа закон 53
Колориметр 46
Колориметрия 23, 41
Компаратор фотоэлектрический 47
Компенсация:
  реактивной мощности 138
  ультрафиолетовой недостаточности 208
Контраст:
  критический 165
  пороговый 18, 165
Контрастная чувствительность 17
Координаты:
  цвета 41
  цветности 47
Коэффициент
  естественной освещенности 156, 166, 459
  запаса ОУ 167, 233
  мощности 215
  неравномерности 156
  ослепленности 161
  отражения поверхностей 388
  полезного действия 52
  пульсации освещенности 81, 95, 157, 193
  световой 52
  спроса 325, 332, 347
  энергетический 51
  эффективный 51
  яркости 13
Красное отношение 83
Кривые силы света 114
Критерии нормирования 157, 163

Л

Лазеры
  газовые 108
  жидкостные 110
  полупроводниковые 110
  твердотельные 109
Лампы:
  бактерицидные 79
  вакуумные 55
  вспышки 101
  высокочастотные безэлектродные 104
  газополные 55
  газоразрядные 67, 69
  газосветные 79
  дугового разряда 103
  дуговые ртутные 83
  зеркальные 63
  импульсные 98
  ксеноновые 95
  люминесцентные 71, 74, 75, 77, 79
  люминесцентные рефлекторные 79
  металлогалогенные 87, 89, 90
  накаливания 54, 56, 57
  накаливания галогенные 67
  натриевые:
    высокого давления 93, 94
    низкого давления 91
  неоновые дуговые 105
  ртутно-вольфрамовые 85
  ртутно-кварцевые 85
  светильники 57
  спектральные 103, 104
  тлеющего свечения 102
  эритемные 85
Ландольта кольцо 19, 161
Люлька к подвесным кранам съемная 228
Люминесценция 51
Люминофоры 51, 76
Люстра 400

М

Материал светопропускающий 456
Маяк световой 112
Моделирующий эффект 399
Мостик:
  принципиальный 228
  стационарный 228
Мощность удельная установленная 313

Н

Напряжение малое 210
Наработка на отказ 58
Неравномерность распределения освещенности 162
Нормирование освещения:
  естественного 166
  искусственного 157
  совмещенного 167
Нормы отраслевые 157

О

Область свечения 71
Оболочка взрывонепроницаемая 121
Обслуживание ОУ:
  групповое 234
  индивидуальное 234
Облучательные светотехнические установки 433
Ограждение световое 208, 312
Освещение:
  аварийное 204, 314
  архитектурное 397
  внутреннее 205
  дежурное 205
  естественное 166, 205, 452
  комбинированное 205
  локализованное 205
  местное 205
  наружное 206, 410, 414
  общее 205
  охранное 204
  рабочее 204
  совмещенное 455
  эвакуационное 205, 314
Освещение:
  архивов 336
  административных зданий и ПКБ 322
  библиотек 336
  витрин 364, 366
  выставок 357
  галерей 274
  закрытых спортивных сооружений 374
  зрелищных сооружений 348
  интерьера 397
  кабинетов врачей 330
  карьеров 279
  квартир 387
  котельных 275
  лестниц 313
  лечебно-профилактических учреждений 133
  музеев 357
  операторских диспетчерских помещений 273
  операционных блоков 329
  открытых бассейнов 374
  открытых пространств 277
  палат больниц 329
  помещений распределительных устройств 273
  постановочное 351
  предприятий бытового обслуживания 382
  предприятий деревообрабатывающей промышленности 300
  предприятий общественного питания 344
  предприятий торговли 339
  складских зданий 274
  спортивных сооружений 367
  строительных работ 280
  сцены 350
  телестудий 377
  телефонных станций и радиоузлов 276
  территорий предприятий 278
  туннелей 274
  футбольных стадионов 372
  цехов черной металлургии 281
  школ 333
  эстакад 274
Освещенность 12, 156, 192
  вертикальная 171
  горизонтальная 171
  нормируемая 158
  полусферическая 16
  пространственная 16
  сферическая 16
  цилиндрическая 12, 164, 192
Отражение:
  диффузное 13
  зеркальное 13
  направленно-рассеянное 13
  смешанное 13

П

Патрон 150
Панель:
  светящая 401
  электролюминесцентная 105
Переключатель 155
Планка:
  закон 53
  постоянная 9, 53
Плотность:
  потока излучения спектральная 9
  среды оптическая 14
Площадки для обслуживания ОУ 229
Поверхность:
  рабочая 158
  светящая 188
Подстанция трансформаторная 313

Подъемник для обслуживания ОУ:
передвижной 227
телескопический 227
Показатель:
дискомфорта 157, 161, 164, 199
ослепленности 20, 157, 160, 194, 428
эффективности 156
Поле:
ареиия 18
световое 15
Полипроекция 399
Помехи акустические 132
Помещение щитовое 173, 316
Порог:
абсолютный световой 17
дифференциальный 17
Пороговая разиость яркости 17
Поток:
бактерицидный 15
витальный 15
излучения 9
световой 11, 40
эффективиый 10
Потолок:
подвесной 307
светящий 401
Предохранитель:
автоматический 150
плавкий 150
резьбовой 150
Преобразователь термоэлектрический 28
Прибор:
осветительный 111
световой 111
светоизмерительный 34
светосигнальный 111
Приемник оптического излучения 24
Проектор 112
Проем световой 456
Прожектор 111
Прожекторная мачта 277
Пропускание:
диффузное 13
направленное 13
направленно-рассеянное 13
смешанное 13
Пульсация:
излучения 161
освещенности 157, 162, 193
светового потока 81, 84, 90, 138
Пульт управления освещением 318
Пускорегулирующий аппарат:
быстрого зажигания 138
зажигания ламп импульсом напряжения 138
мгновенного зажигания 138

Р

Разрядная трубка 91
Распределение яркости 324
Расчет цвета 43
Расчетная:
нагрузка 214, 313
поверхность 189, 191
Расчетный счетчик активной энергии 314
Резонатор оптический 107
Розетка 274

С

Свет отраженный 405
Светильник 111
Светильник-блок 308
Светимость 12
Световод 133
Световой:
знак с тритиевым наполнением 106
карниз 406
комплекс 114
прибор:
встраиваемый 308
нестационарный 114
переносный 114
совмещенный с системами вентиляции и кондиционирования 308
стационарный 114
указатель 308
Светодиод излучающий 105
Светопрозрачная конструкция 456
Светораспределение 114, 120
Светорегулятор 155
Светосостав постоянного действия 106
Светофильтр 350
Светофор 112
Светящая полоса 405
Сила:
излучения 11
света 11, 39
Система величин:
бактерицидная 15
витальная 15
колориметрическая 41
Слепящее действие 194
Соединитель электрический 155
Софит 351
Спектр излучения:
линейчатый 9
полосатый 9
сплошной 9
Средства доступа к светильникам 226
Срок службы:
источников света 52, 58, 99
световых приборов 129
Стабилизация разряда 72
Стекла:
солнцезащитные 456
теплоотражающие 456
теплопоглощающие 456
Степень защиты световых приборов 121
Стефана—Больцмана:
закон 53
постоянная 53
Стойка для обслуживания ОУ 229

Т

Тальбота закон 22
Тело:
накала
биспиральное 55
спиральное 55
фотометрическое 11, 114
Тележка монорельсовая 227
Телесный угол 10
Токоприемник силовой 313
Точечный источник излучения 9
Точность зрительной работы 158

У

Управление освещением:
автоматическое 318
дистанционное 318
ручное 318
Уровень взрывозащиты 121
Устройство:
автоматического включения резерва 313
блокировочное 316
вводно-распределительное 313
импульсного зажигания 148
комплектное осветительное 133
электроустановочное 150
Утилизация отработанных ламп 225

Ф

Фонарь зенитный 457
Фотодиод 25
Фотометрия 23
Фоторезистор 28
Фотоэлектронный умножитель 26
Фотоэлемент электровакуумный 24

Ц

Цвет 388, 397
Цветовая температура 48
Цветность излучения 77
Цветовое пространство 41
Цветопередача 48, 77, 378
Цепь электрическая искробезопасная 123
Цоколь 56

Ч

Частота слияния мельканий критическая 21
Черное тело 53
Чистота цвета 43

Ш

Шинопровод 318

Щ

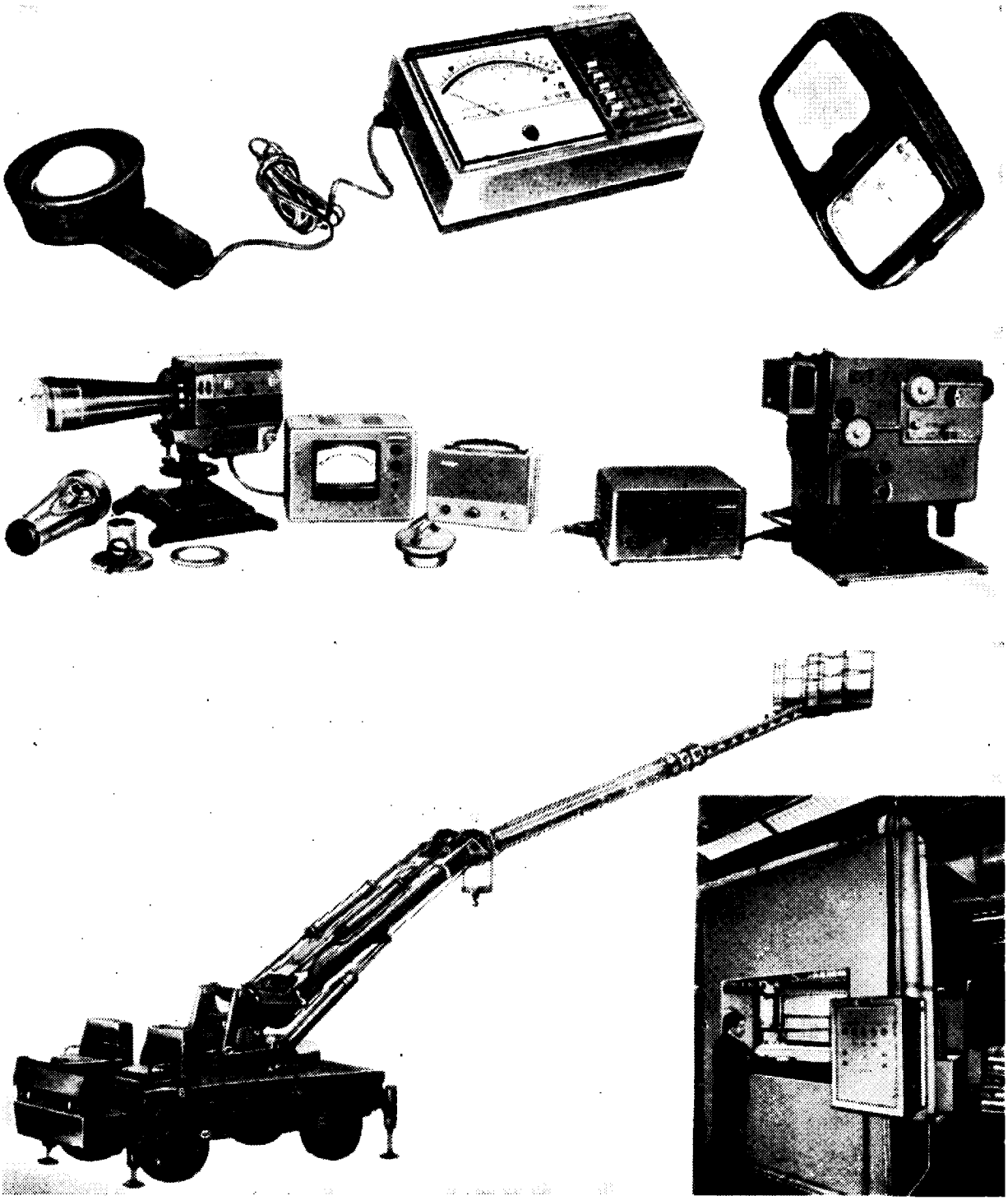
Щелевой световод 133
Щель взрывонепроницаемая 121
Щит главный распределительный 313
Щиток групповой 318

Э

Экранирующая решетка 402
Электрод 74
Энергетическая светимость 11
Энергия световая 40
Эпидиаскоп 113
Эпископ 113
Эритемное облучение 446
Эффект стробоскопический 22

Я

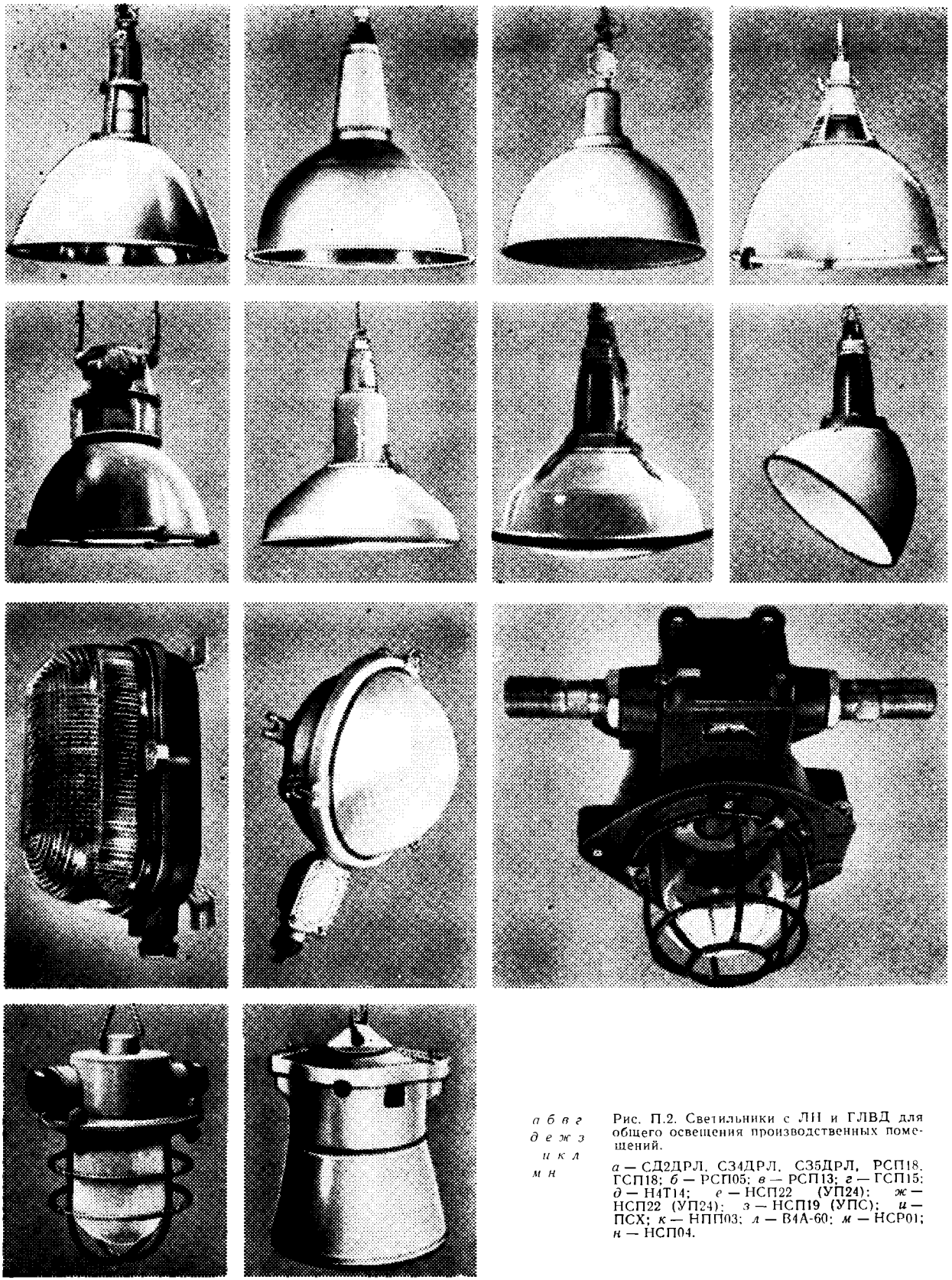
Яркость:
адаптации 21
вуалирующей пелены 166, 429
дорожного покрытия 166, 415
эквивалентная 12
энергетическая 12
эффективная 21



а б Рис. П.1.

в г *а* — люксметр типа Ю15; *б* — люксметр типа Ю17; *в* — фотометр типа ФПИ; *г* — фотометр типа ФМШ-56М; *д* — подъемное устройство; *е* — машина для мойкн светильников.

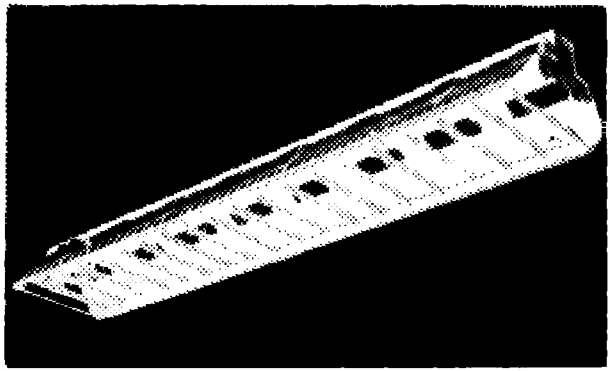
д е

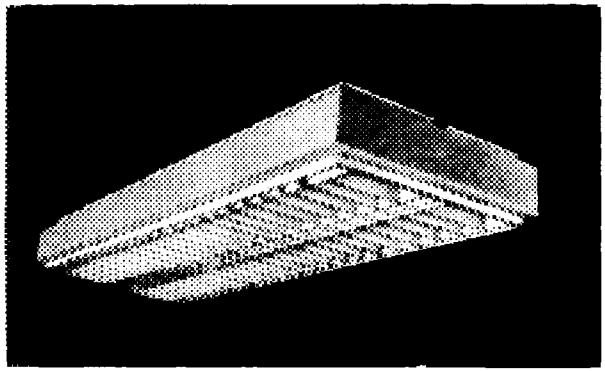


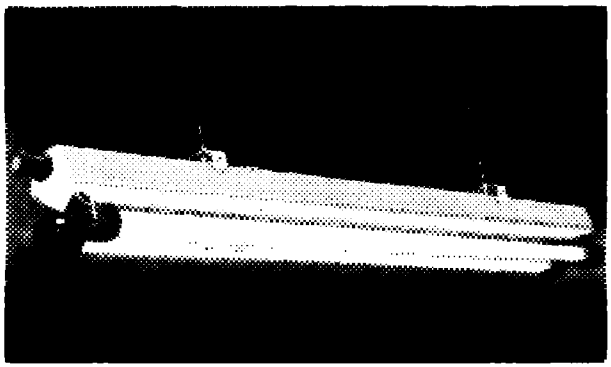
а б в г д е ж з и к л м н

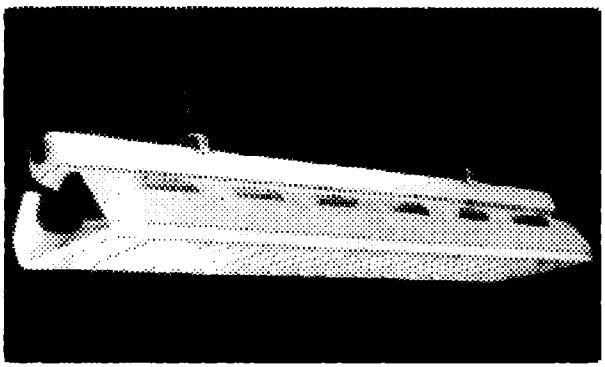
Рис. П.2. Светильники с ЛН и ГЛВД для общего освещения производственных помещений.

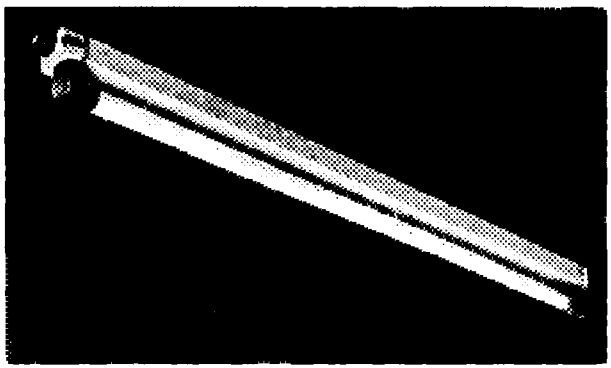
а — СД2ДРЛ, СЗ4ДРЛ, СЗ5ДРЛ, РСП18, ГСП18; *б* — РСП05; *в* — РСП13; *г* — ГСП15; *д* — Н4Т14; *е* — НСП22 (УП24); *ж* — НСП22 (УП24); *з* — НСП19 (УПС); *и* — ПСХ; *к* — НПП03; *л* — В4А-60; *м* — НСР01; *н* — НСП04.

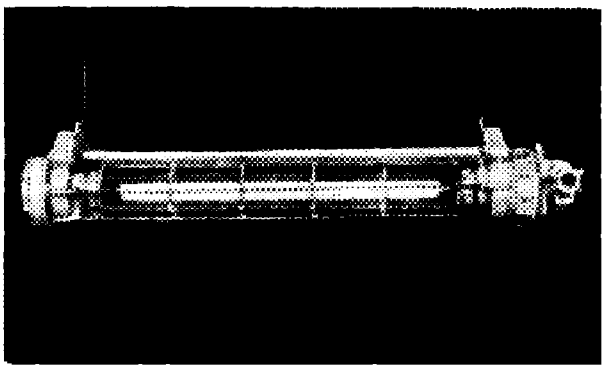


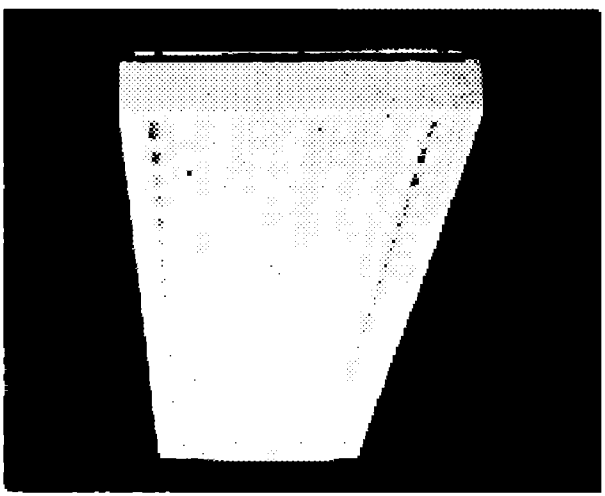












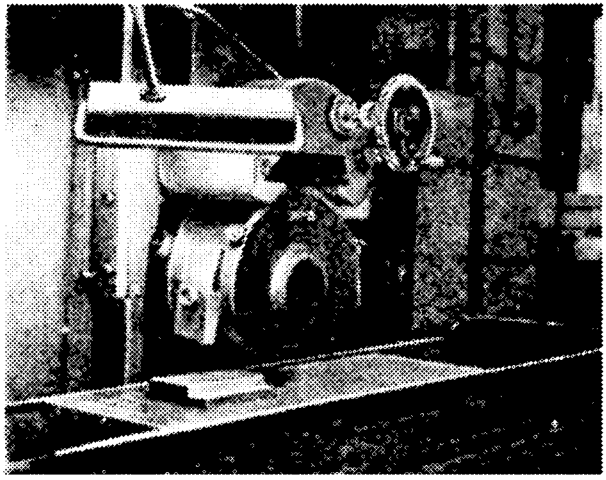
а б в г д е ж Рис. П.3. Светильники с ЛЛ для общего освещения производственных помещений. *а* — ЛСП06; *б* — ЛСП13; *в* — ПВЛМ; *г* — ПВЛМ с решеткой; *д* — ЛСП18; *е* — РВЛМ; *ж* — ЛВП02.



а б в
г д
е ж
з и

Рис. П.4. Светильники местного освещения для производственных помещений и переносные светильники.
а — ЛНП01; *б* — НКП01; *в* — НКП02; *г* — НВП01; *д* — С-2ХБ; *е* — ПЛ-64; *ж* — ПЛ67А; *з* — СПЛ-2; *и* — ВРН-60.





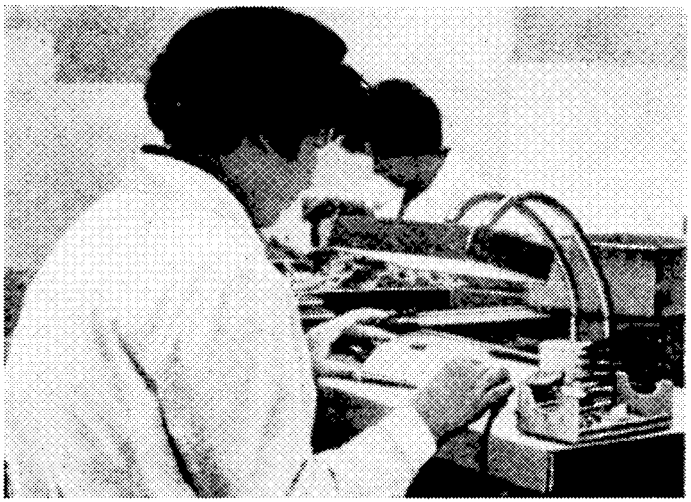


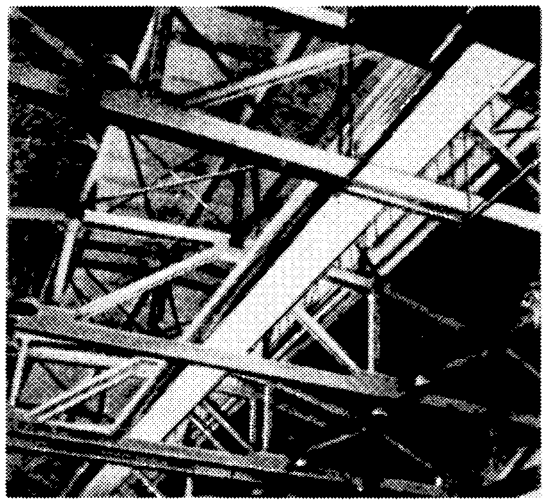
а

б *в*

Рис. П.5.

а — освещение прядильного цеха; *б* — местное освещение шлифовального станка; *в* — местное освещение конвейера на заводе низковольтной аппаратуры.





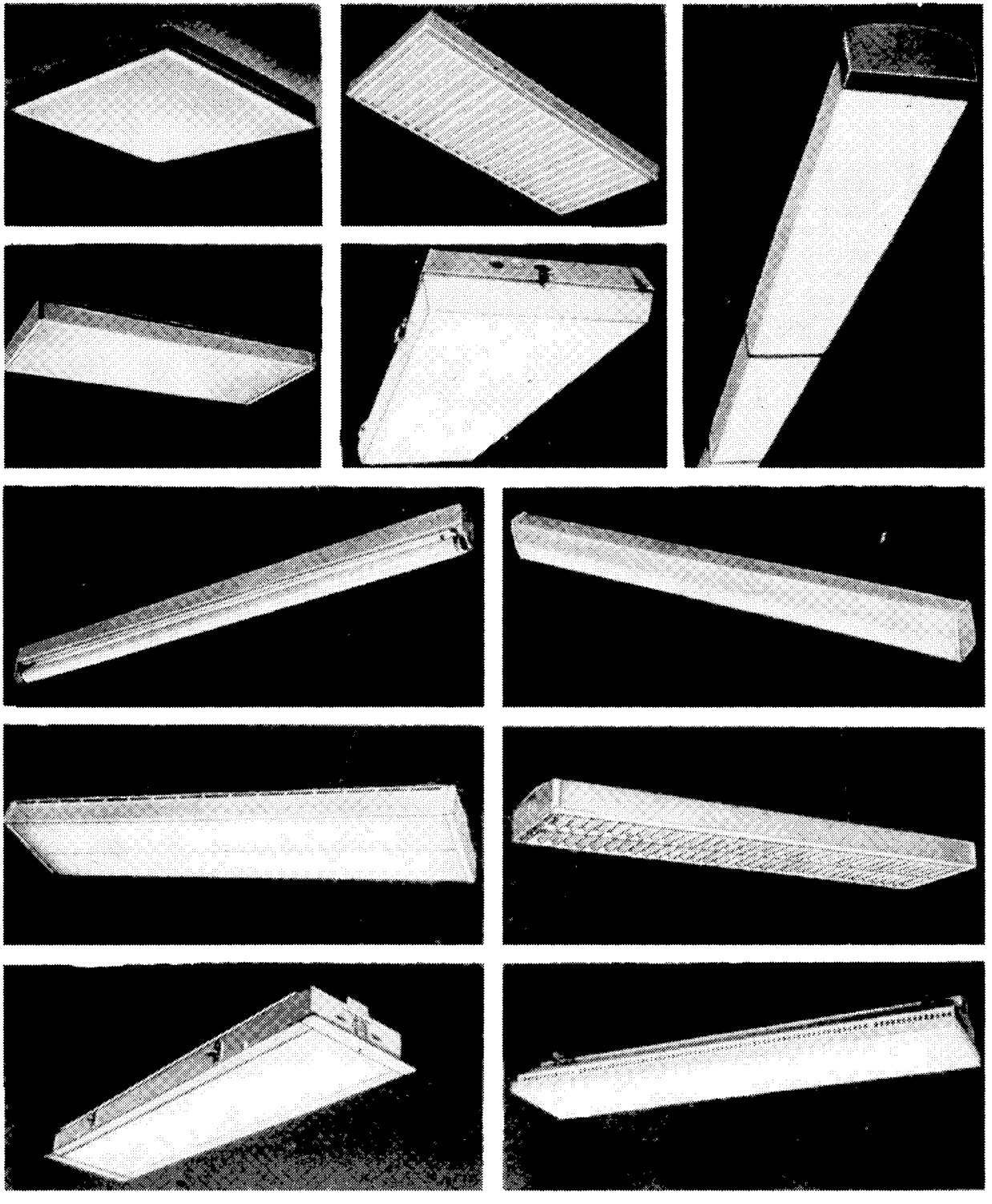




а *б*
в
г

Рис. П.6.

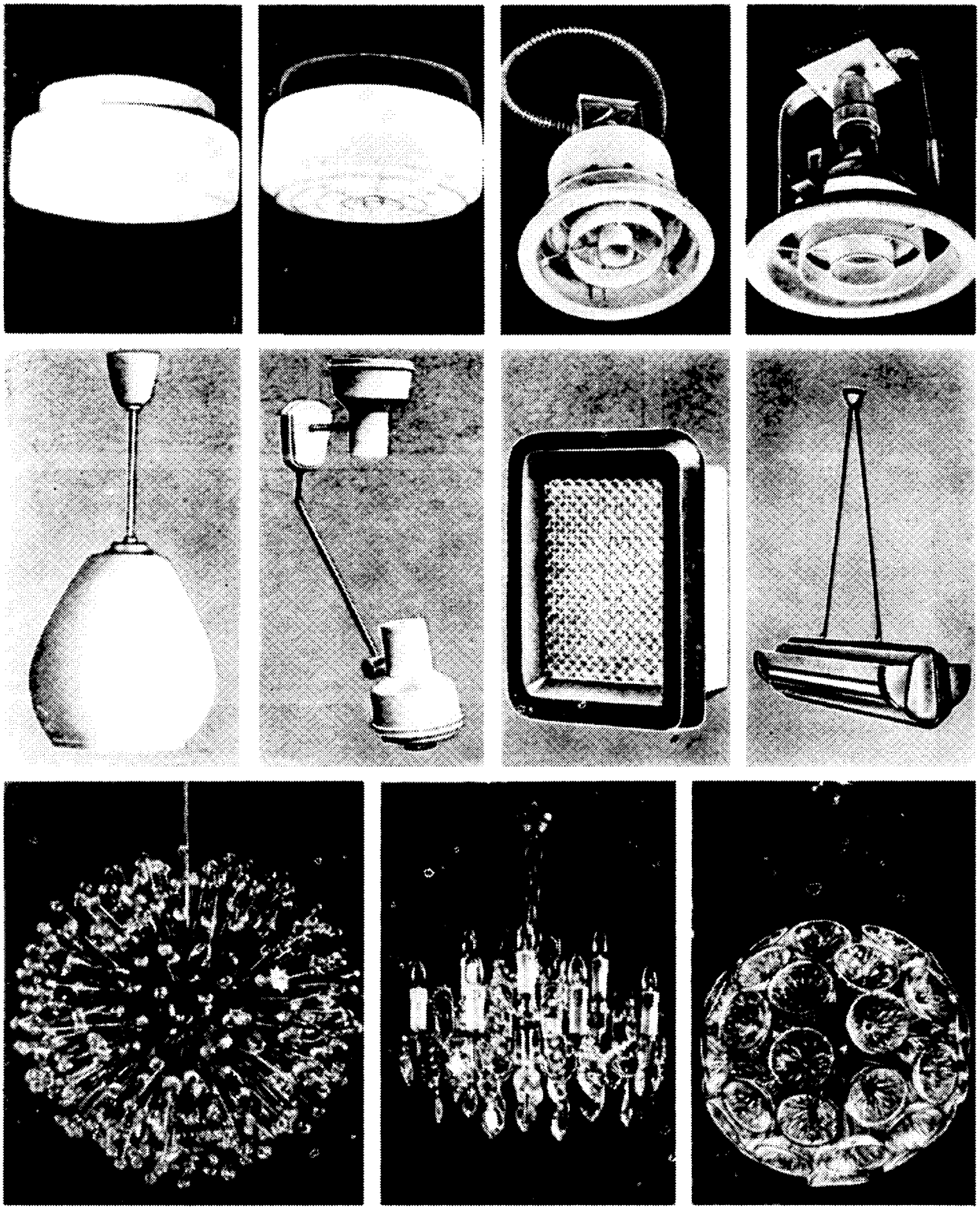
а — местное освещение рабочего места на конвейере приборостроительного завода; *б* — комплектное осветительное устройство КОУ-М600 со щелевым световодом; *в* — освещение смотровой ямы на автозаводе; *г* — освещение сборочного конвейера на автозаводе.



а б д
в г
е ж
з и
к л

Рис. П.7. Светильники с ЛЛ для освещения общественных зданий

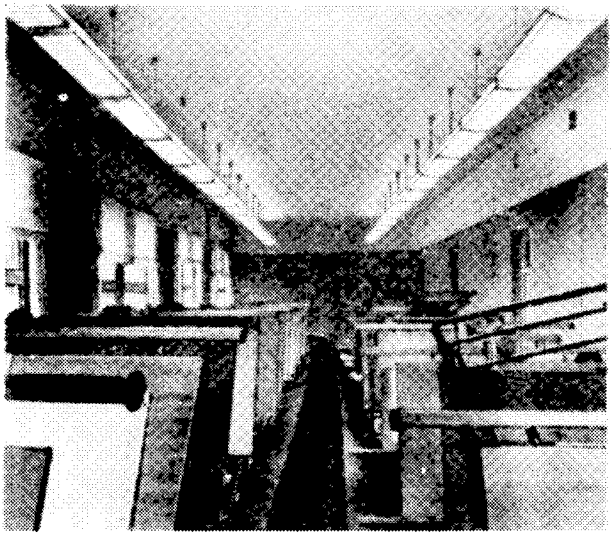
а — УСП 6×20; *б* — Л2010М 6×40; *в* — ЛП002 4×40; *г* — ЛП025 2×40; *д* — ЛПО01 2×40; *е* — ЛПО09 40; *ж* — ЛПО26 40; *з* — ЛСО04 2×40; *и* — ЛСО02 2×40; *к* — ЛВО03 2×40; *л* — ЛВО31 2×80.

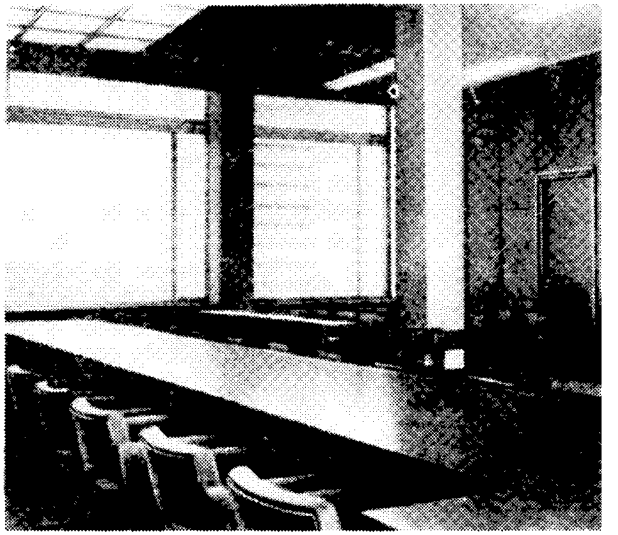


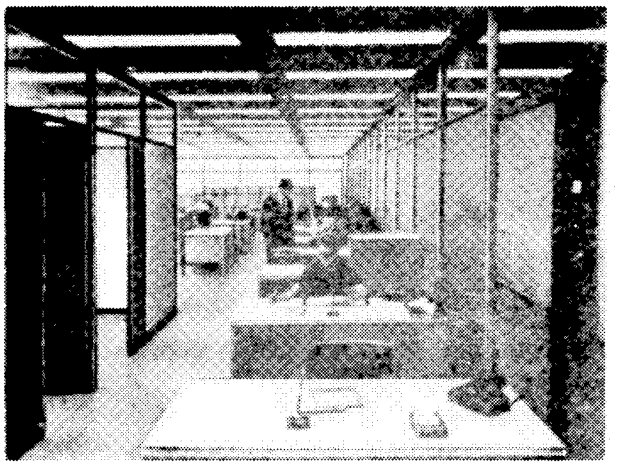
а б в г
д е ж з
и к л

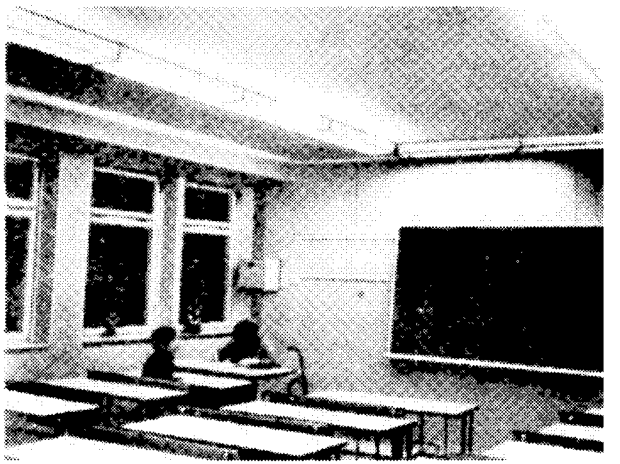
Рис. П.8.

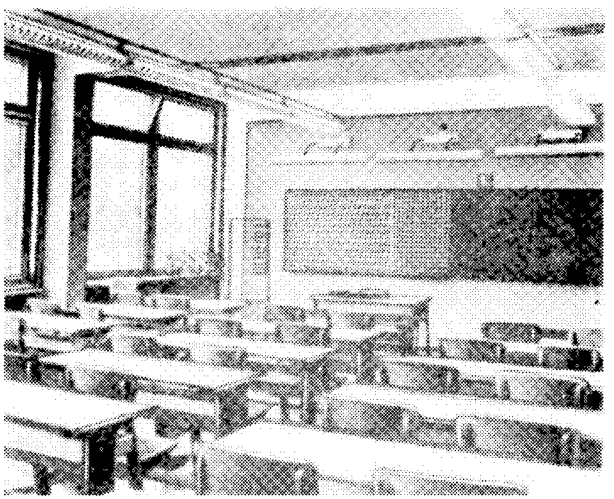
а — потолочный светильник НПО01; *б* — потолочный светильник НПО18; *в* — встраиваемый светильник СВП; *г* — встраиваемый светильник НВО04; *д* — подвесной светильник НСО02; *е* — светильник местного освещения НБЛ02; *ж* — то же ДС-19; *з* — облучатель ОБП-300; *и—л* — бытовые светильники с ЛН.









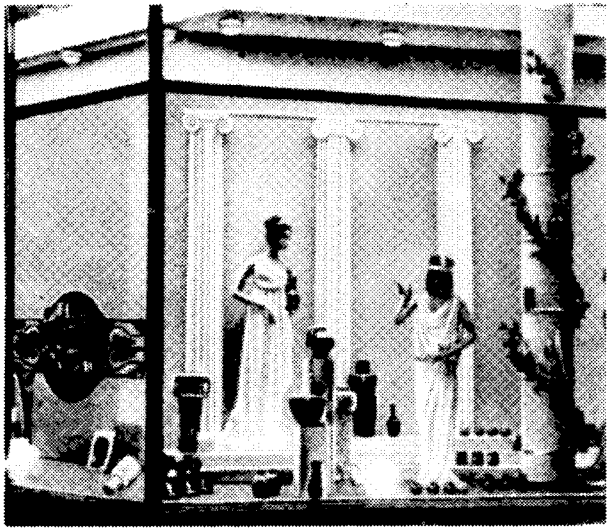




а б Рис. **П.9.**

в г *а* — освещение конструкторского бюро подвесными светильниками; *б* — освещение кабинета; *в* — освещение адми-

д е нистративно-конторского помещения встраиваемыми светильниками; *г*—освещение класса потолочными светильниками; *д* — освещение класса подвесными светильниками; *е* — освещение лингафонного кабинета.







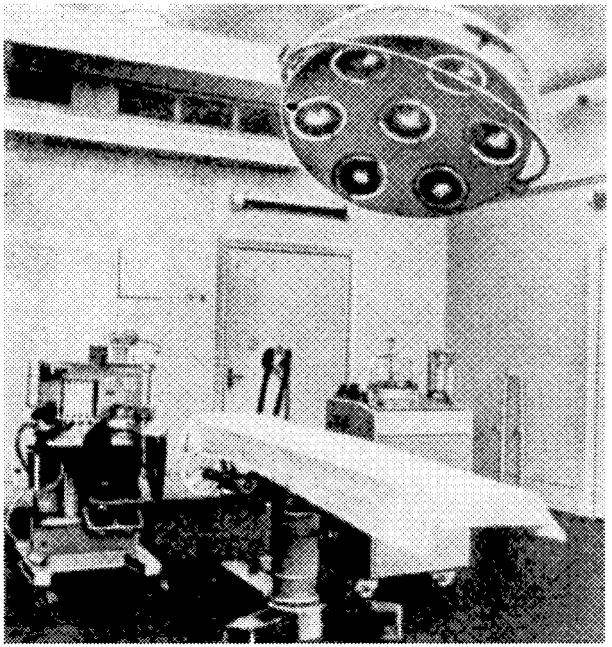




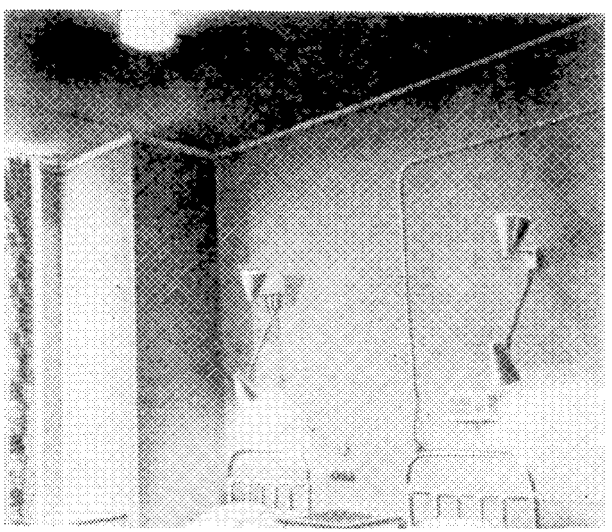
а *г*
б
в *д*

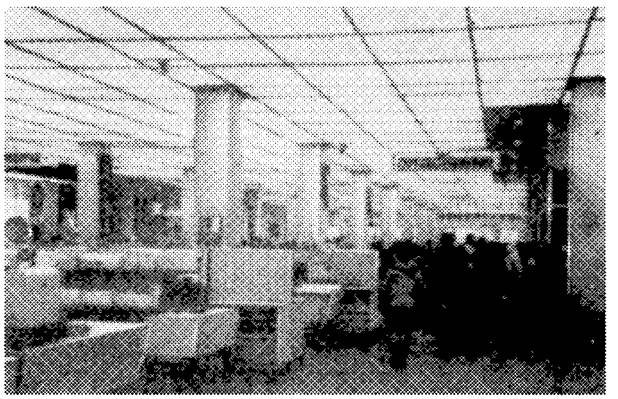
Рис. П.10.

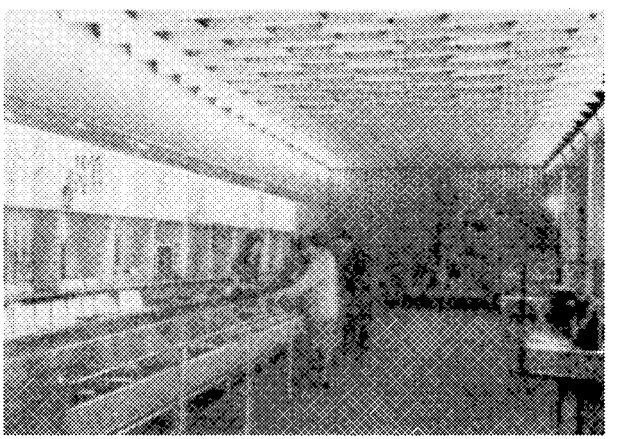
а — освещение витрины; *б* — общее равномерное освещение книжного магазина светильниками, установленными в линию; *в* — общее равномерное освещение магазина отдельно расположенными светильниками; *г* — освещение зала музея; *д* — освещение стендов музея.











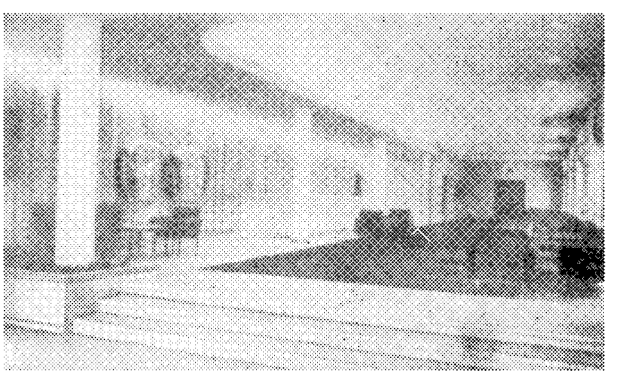
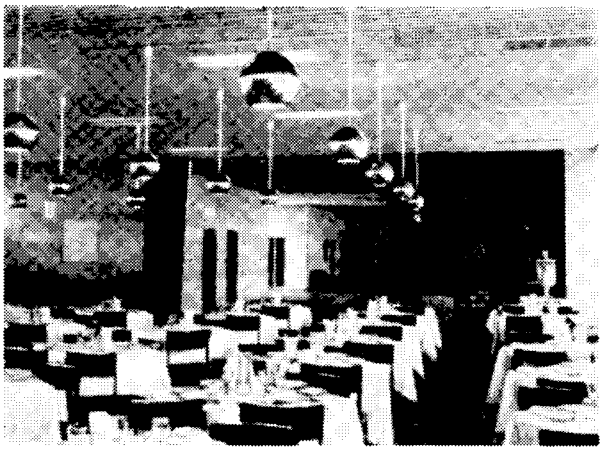
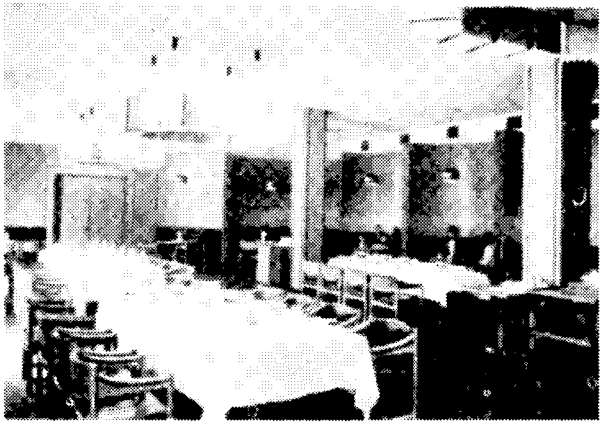
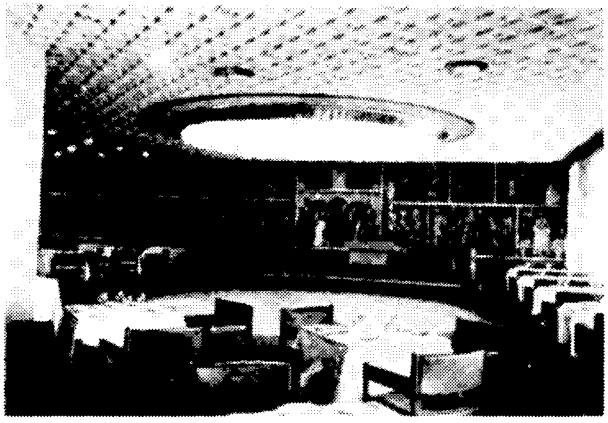
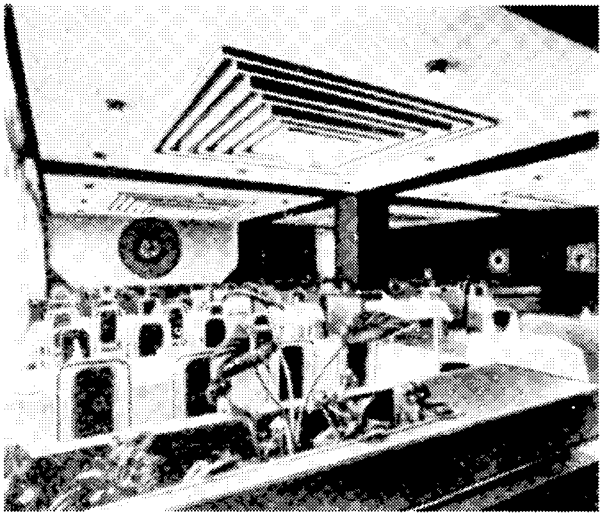
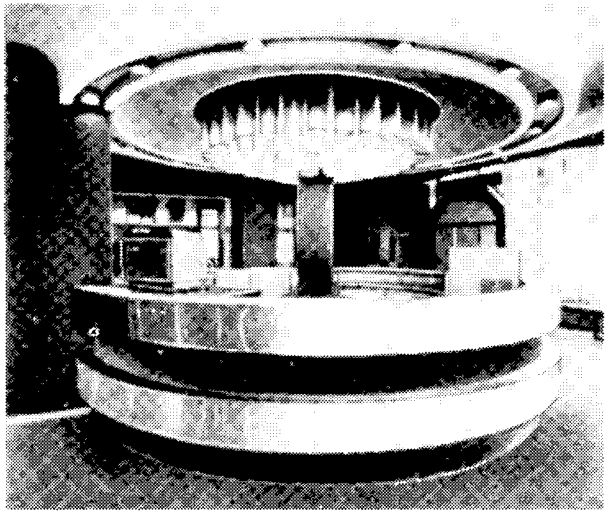


Рис. П.11.

а — освещение операционной; *б* — освещение палаты больницы; *в* — общее равномерное освещение магазина светильниками с ЛН; *г* — освещение торгового зала светящим потолком; *д* — локализованное освещение торгового зала; *е* — освещение вестибюля ресторана-столовой.

а *в*
б *г*
д
е

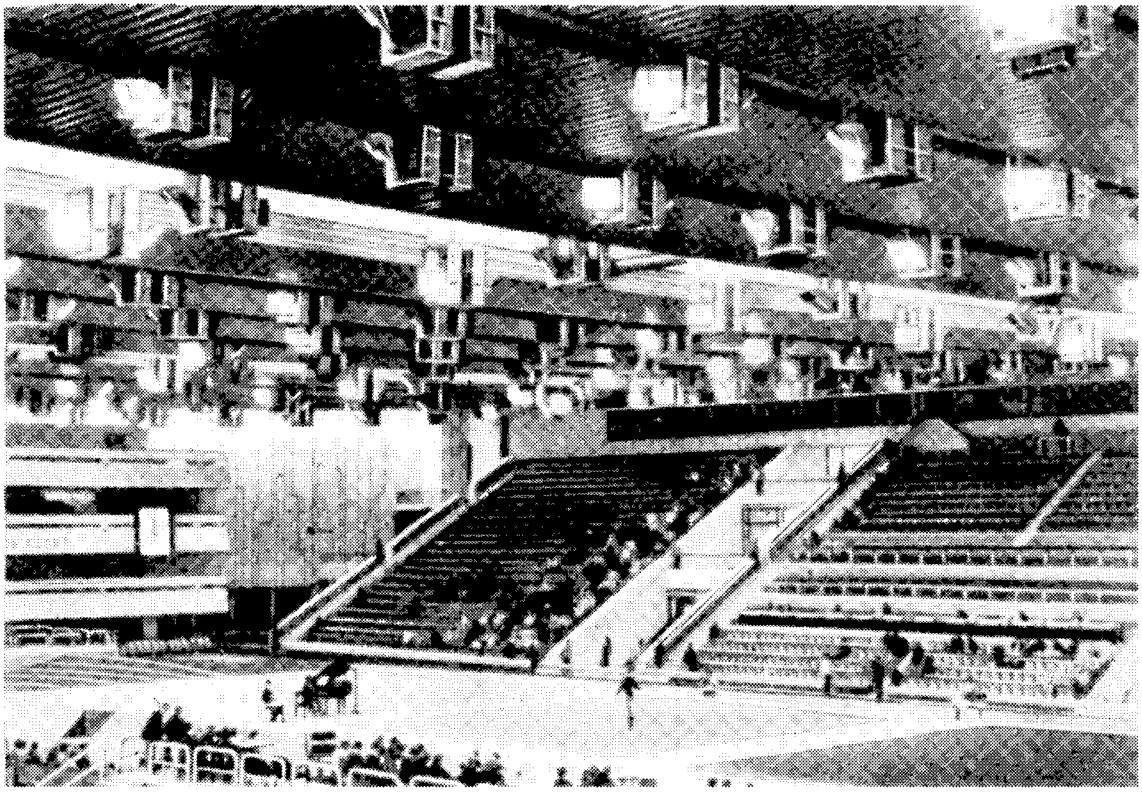


а б Рис. П.12.

в г *а* — освещение зала ресторана; *б* — освещение зала ресторана; *в* — освещение столовой; *г*—освещение танцеваль-
д е ной площадки зала ресторана; *д* — освещение кафе; *е* — освещение бара.



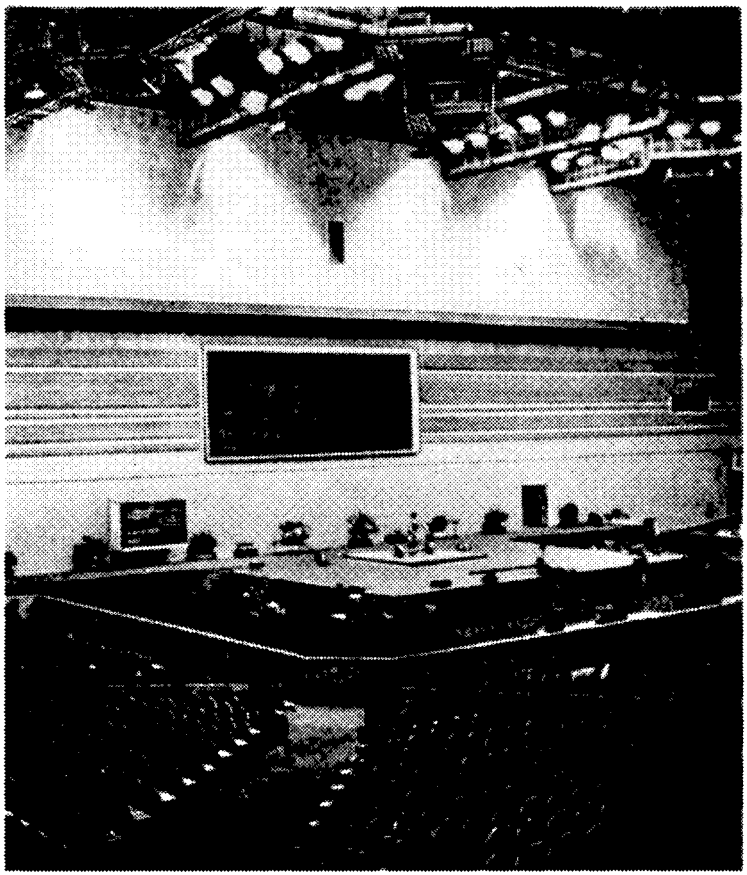


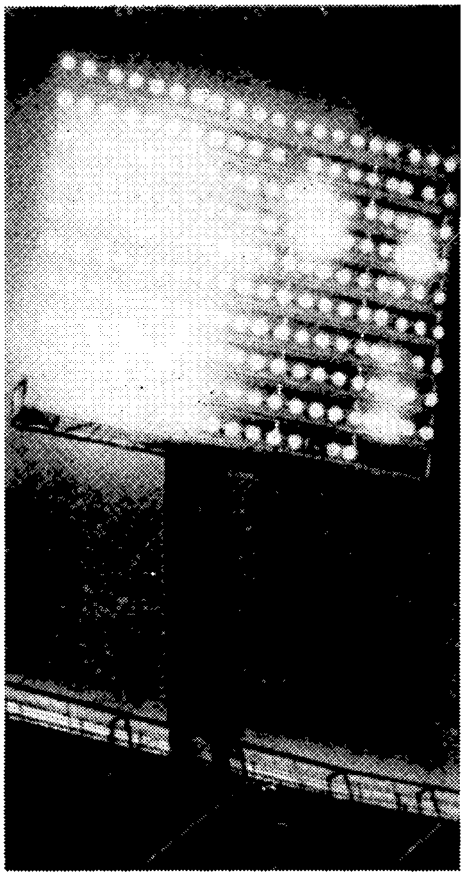
а

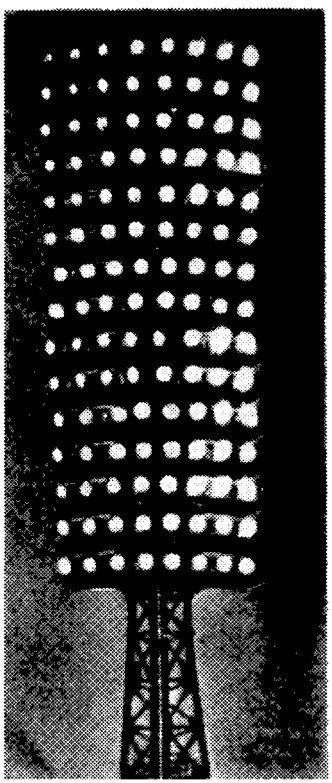
б

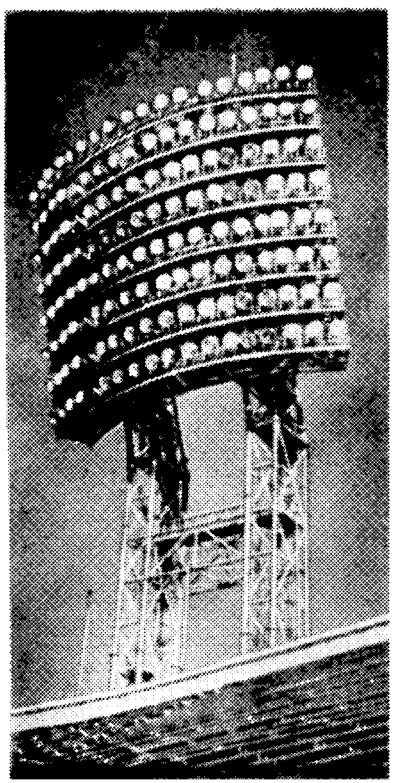
Рис. П.13.

а — освещение Малой спортивной арены Центрального стадиона им. В. И. Ленина в Москве; *б* — система верхне-бокового освещения спортивной арены футбольно-легкоатлетического комплекса ЦСКА.



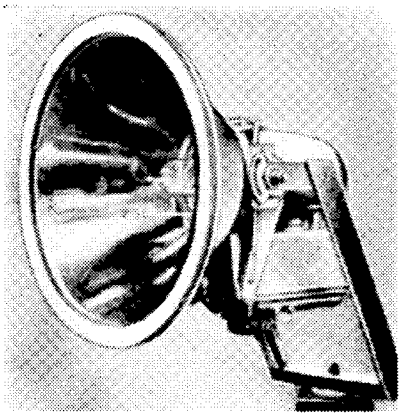


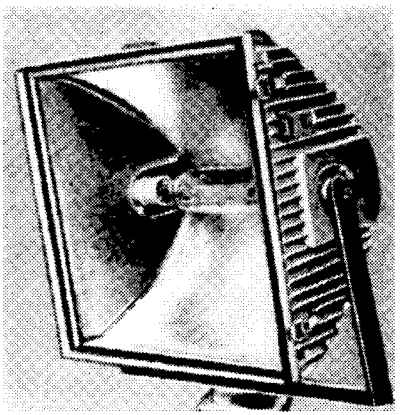


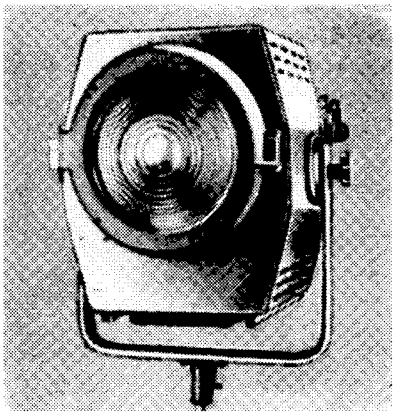


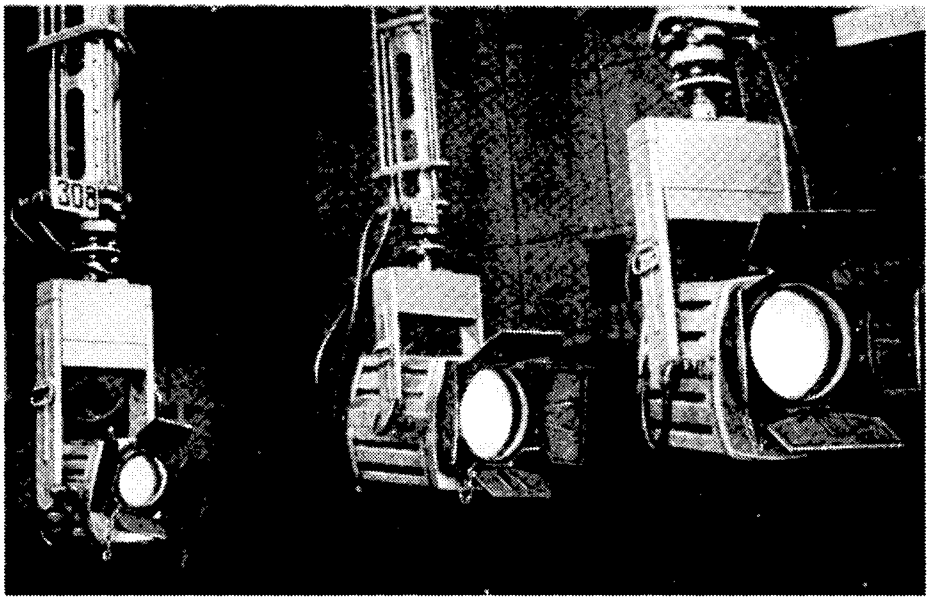
а б Рис. П.14.

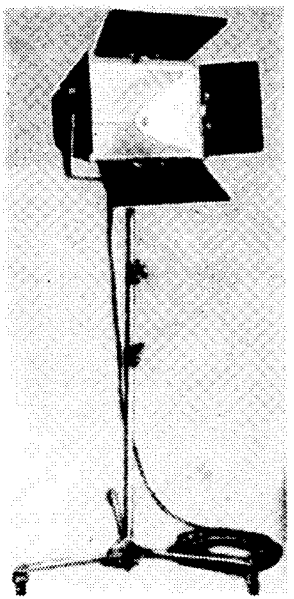
в г *а* — освещение зала соревнований по тяжелой атлетике во Дворце спорта «Измайлово»; *б* — прожекторная мачта большой спортивной арены Центрального стадиона им. В. И. Ленина в Москве; *в* — прожекторная мачта стадиона «Динамо» (Москва); *г* — прожекторная мачта стадиона им. В. И. Ленина (Ленинград).

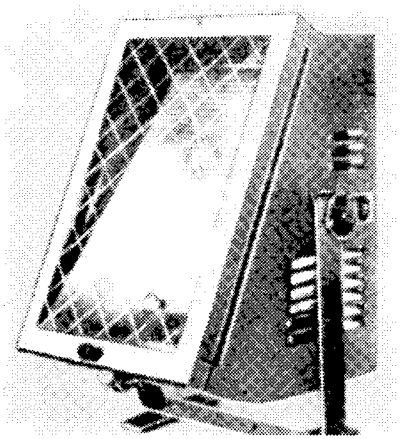


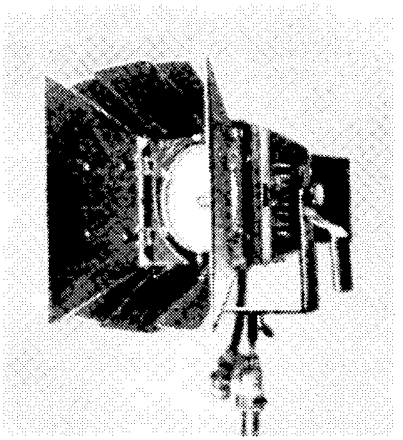


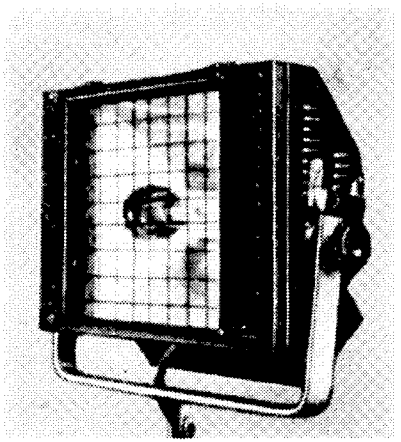








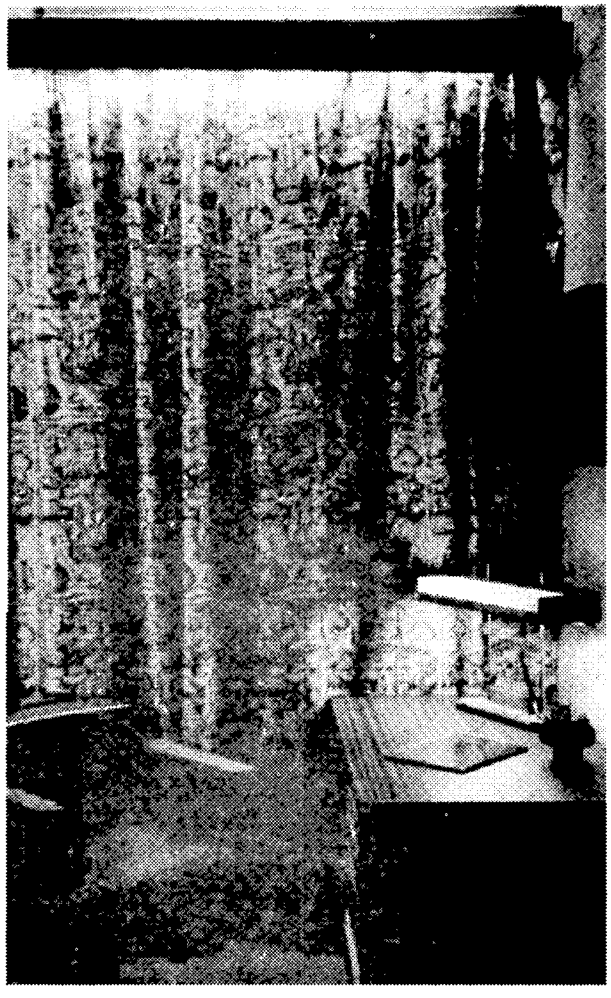




а б в г д е ж з **Рис. П.15. Световые приборы для спортивного и телевизионного освещения.**

а — прожектор ПГП-3500; *б* — прожектор ПГЦ-2000; *в* — прожектор «Радуга-1»; *г* — прожекторы ТПЛ-15А. ТПЛ-25А и ТПЛ-35А; *д* — светильник ТСИМ-1000; *е* — светильник «Кососвет»; *ж* — светильник «Люкс-575»; *з* — светильник «Люкс-1».



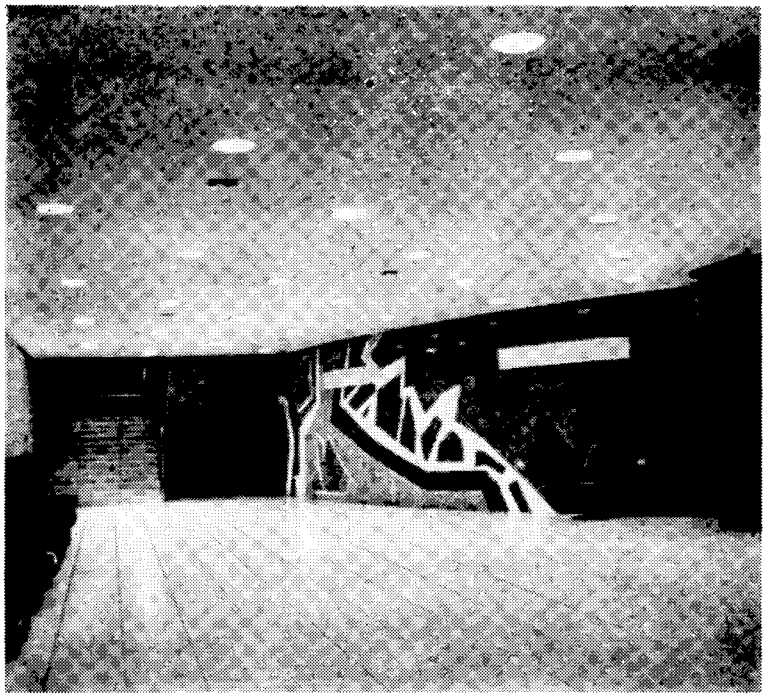


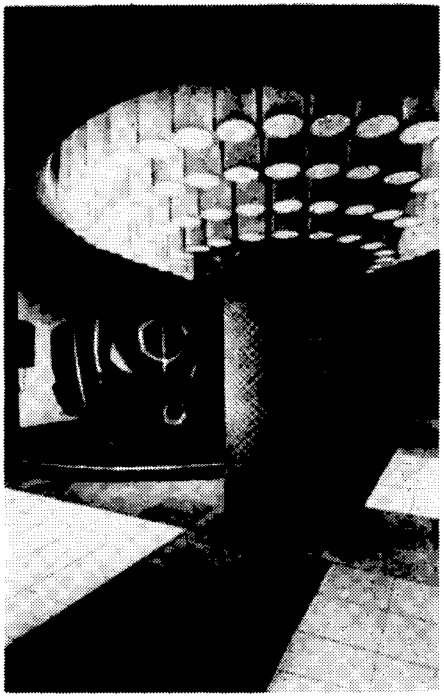


а *б*
в

Рис. П.16. Освещение квартир

а — освещение зоны отдыха светильником с ЛЛ; *б* — фрагмент освещения письменного стола; *в* — люминесцентное освещение кухни.





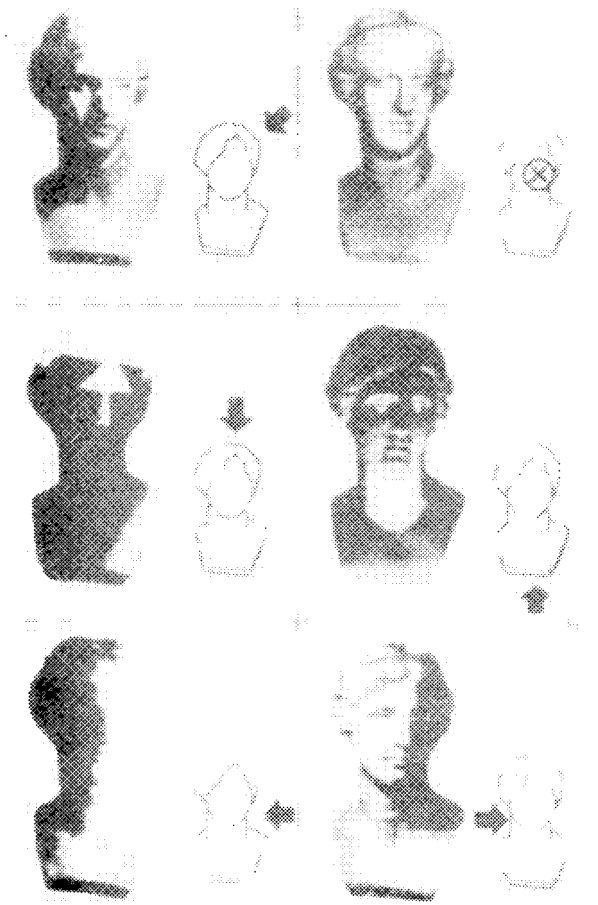




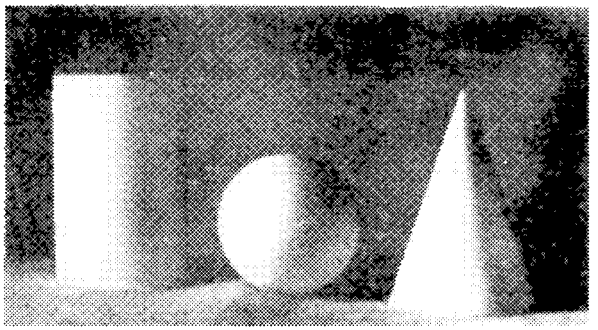
а в
б г

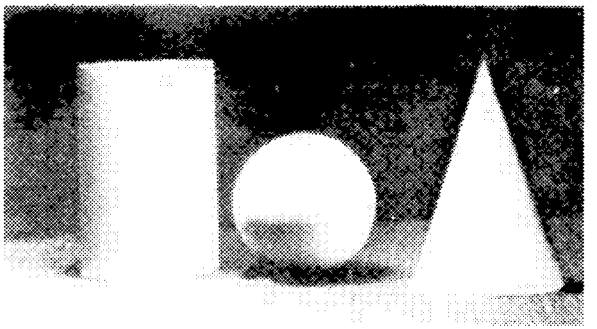
Рис. П.17.

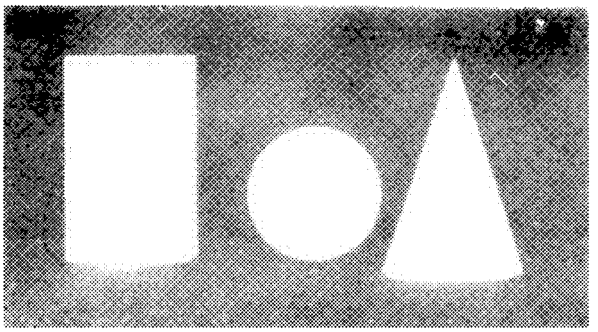
а — освещение встраиваемыми светильниками с зеркальными ЛН (фойе в здании СЭВ); *б* — освещение вестибюля с гардеробом в новом здании МХАТ; *в* — декоративное освещение колонны (гостиница «Союз» в Москве); *г* — освещение лестницы и эскалатора ЛЛ, встроенными в перила лестницы (международный аэровокзал «Шереметьево»).





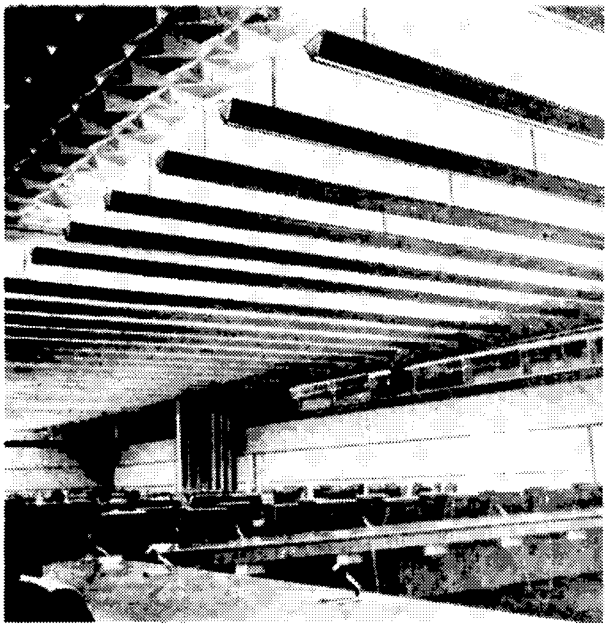




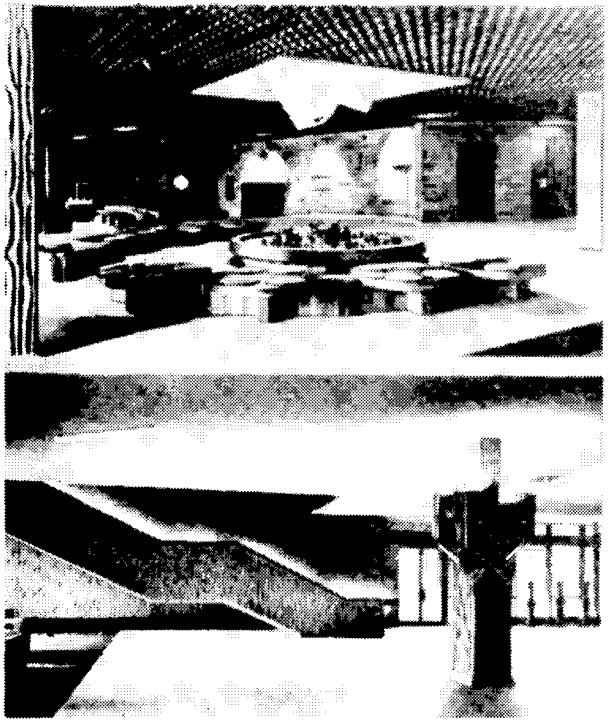


а б в г д Рис. П.18. Выявление формы объектов с помощью освещения.

а — зависимость светотени от направления освещения; *б* — скульптура, освещенная верхним боковым светом; *в* — вид геометрических фигур при освещении слева сверху под углом примерно 45°; *г* — то же при освещении справа; *д* — то же при освещении рассеянным светом.









а г
б
в д

Рис. П.19.

а — отраженное освещение подвесными световыми карнизами (зал заседаний СЭВ); *б* — декоративная световая ниша (фрагмент фойе-музея в новом здании МХАТ); *в* — сознательное нарушение светом тектонической схемы (главное фойе нового здания МХАТ); *г* — люстры в помещении вестибюля гостиницы «Москва»; *д* — сочетание хрустальной люстры, настенных светильников и светового карниза (аванзал в здании Президиума Верховного Совета СССР).

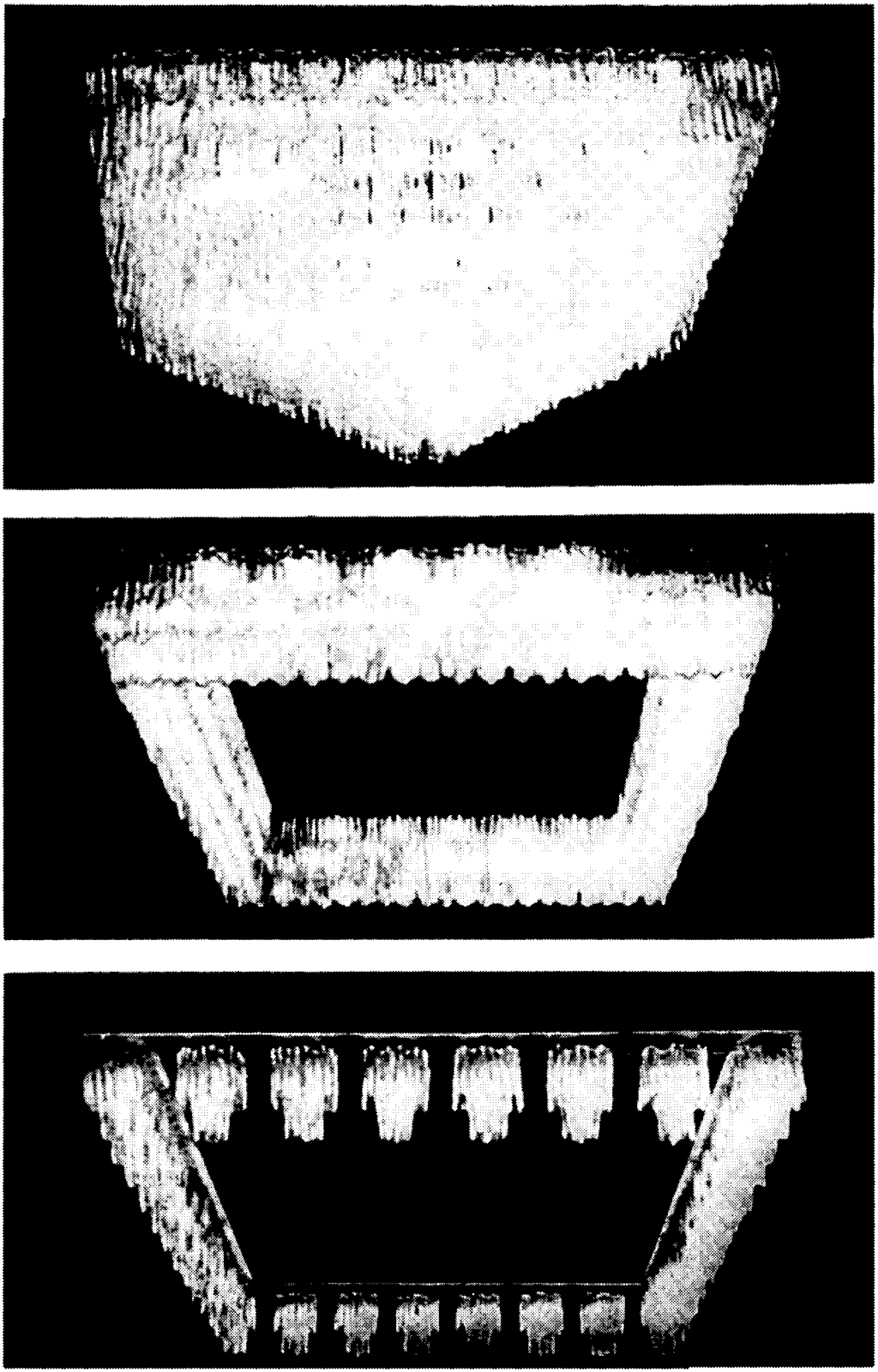
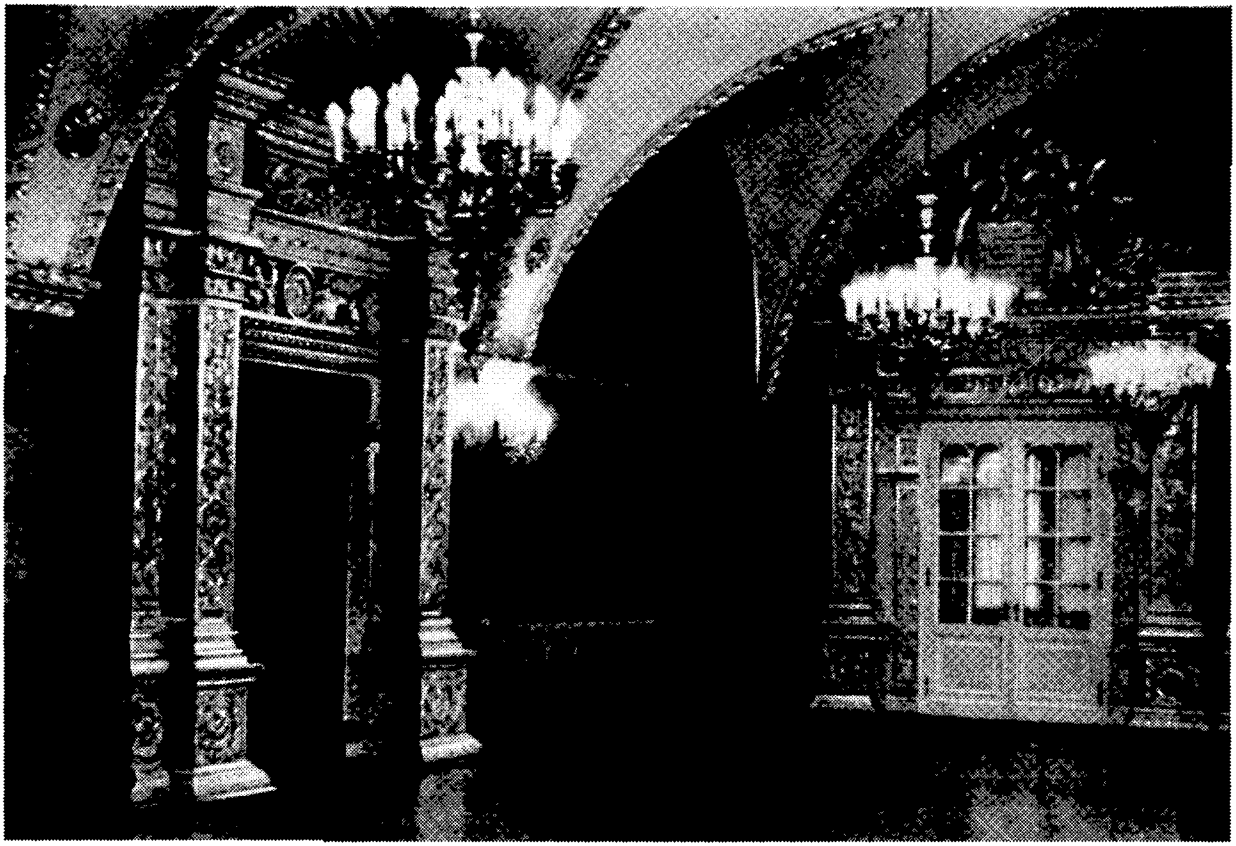
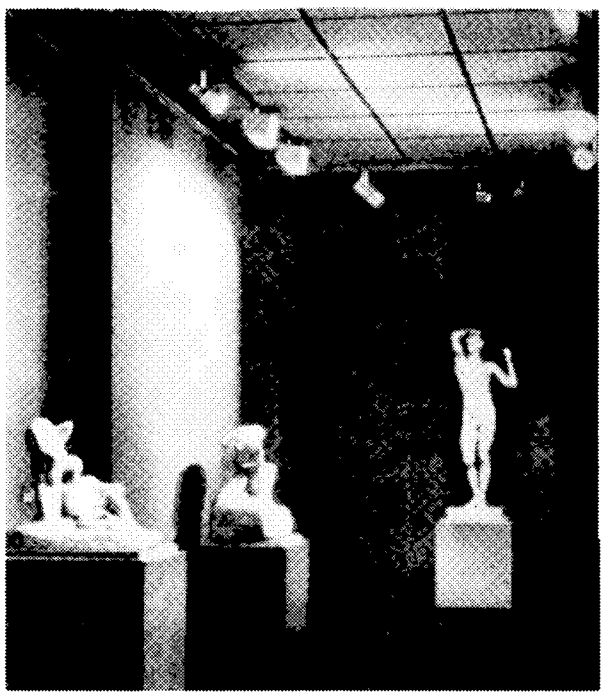


Рис. П.20. Уникальные многоламповые светильники с крупномасштабными элементами хрустального стекла.







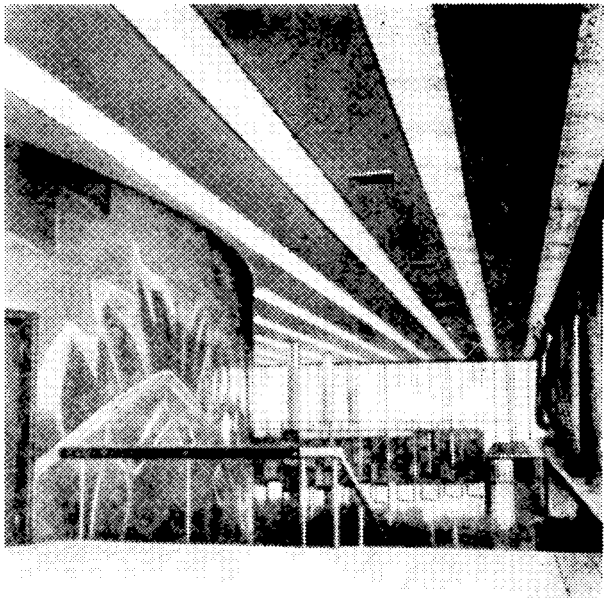
а

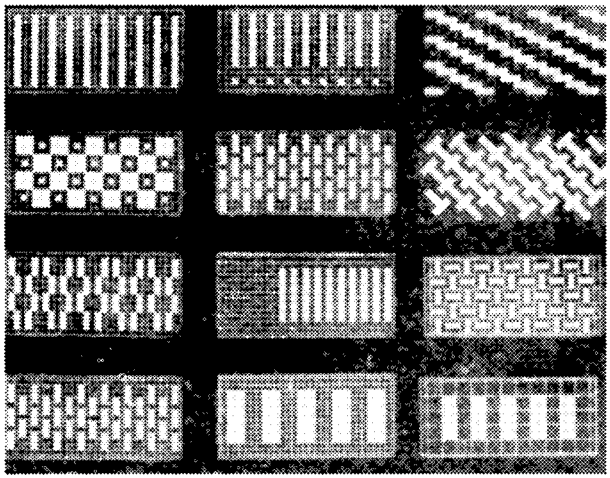
б в

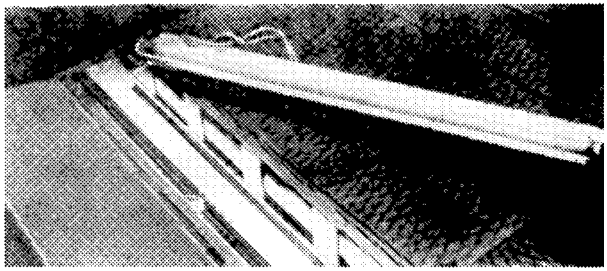
Рис. П.21.

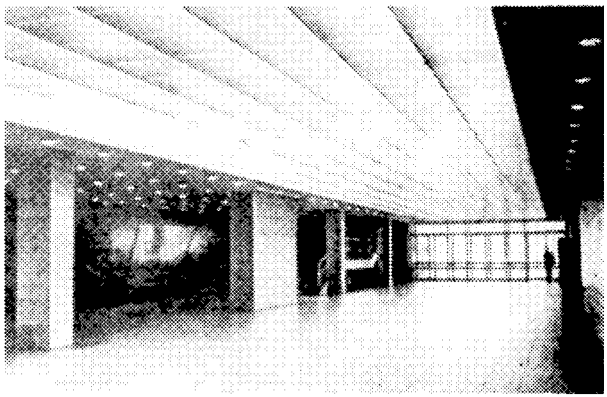
а — люстры и настенные светильники в палате Кремля; *б* — освещение многоярусными люстрами (Грановитая палата Кремля); *в* — направленное освещение скульптур в Эрмитаже.

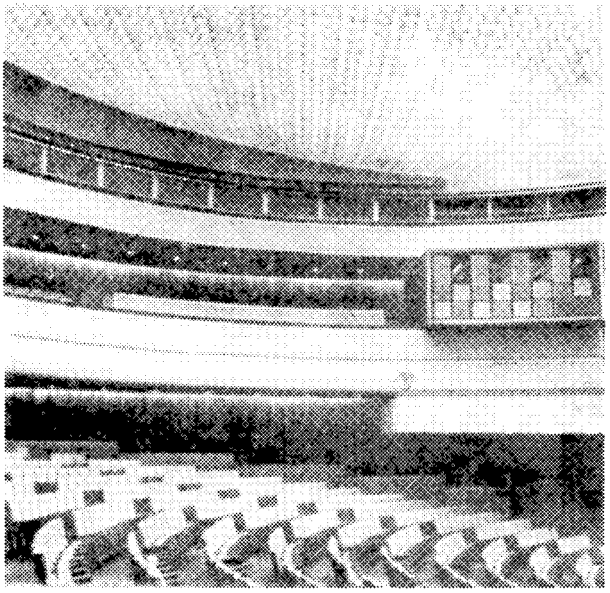










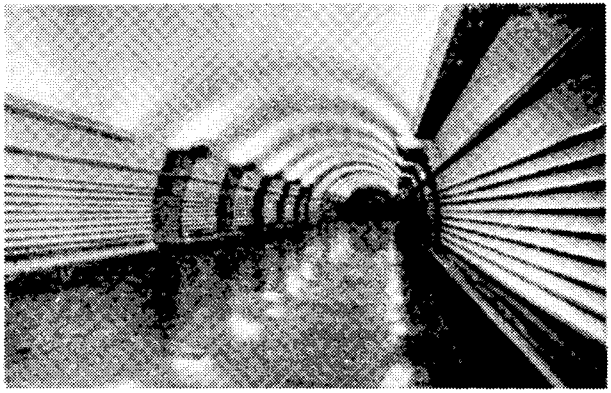


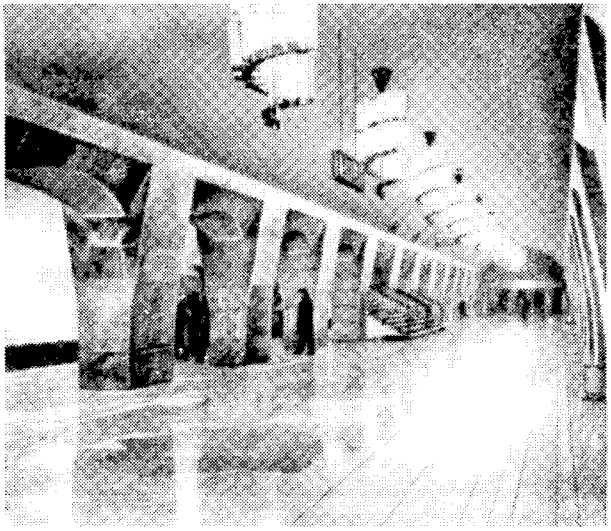
а г
б д
в е

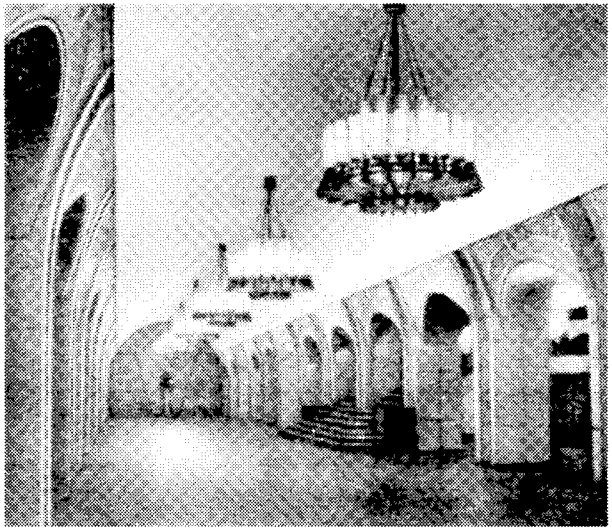
Рис. П.22.

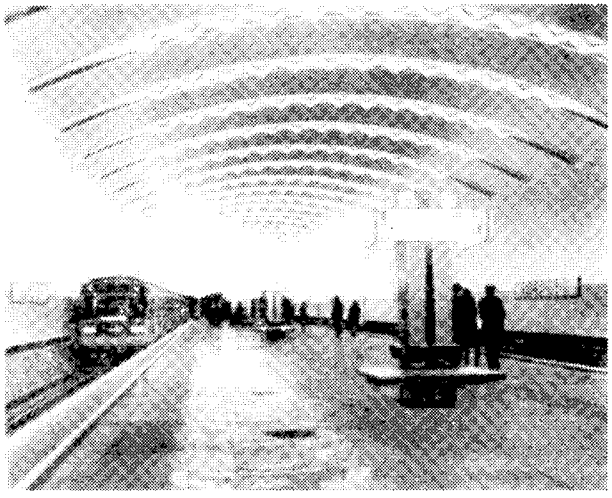
а — освещение кафе подвесными светильниками с ЛН; *б* — группировка светильников в композиционные схемы; *в* — световой потолок с решеткой из элементов сложной формы (конференц-зал СЭВ); *г* — светящие полосы с экранирующей решеткой (вестибюль зала СЭВ); *д* — обслуживание светильников конференц-зала СЭВ; *е* — сочетание светового потолка со встраиваемыми светильниками с зеркальными ЛН (вестибюль телецентра в Москве).









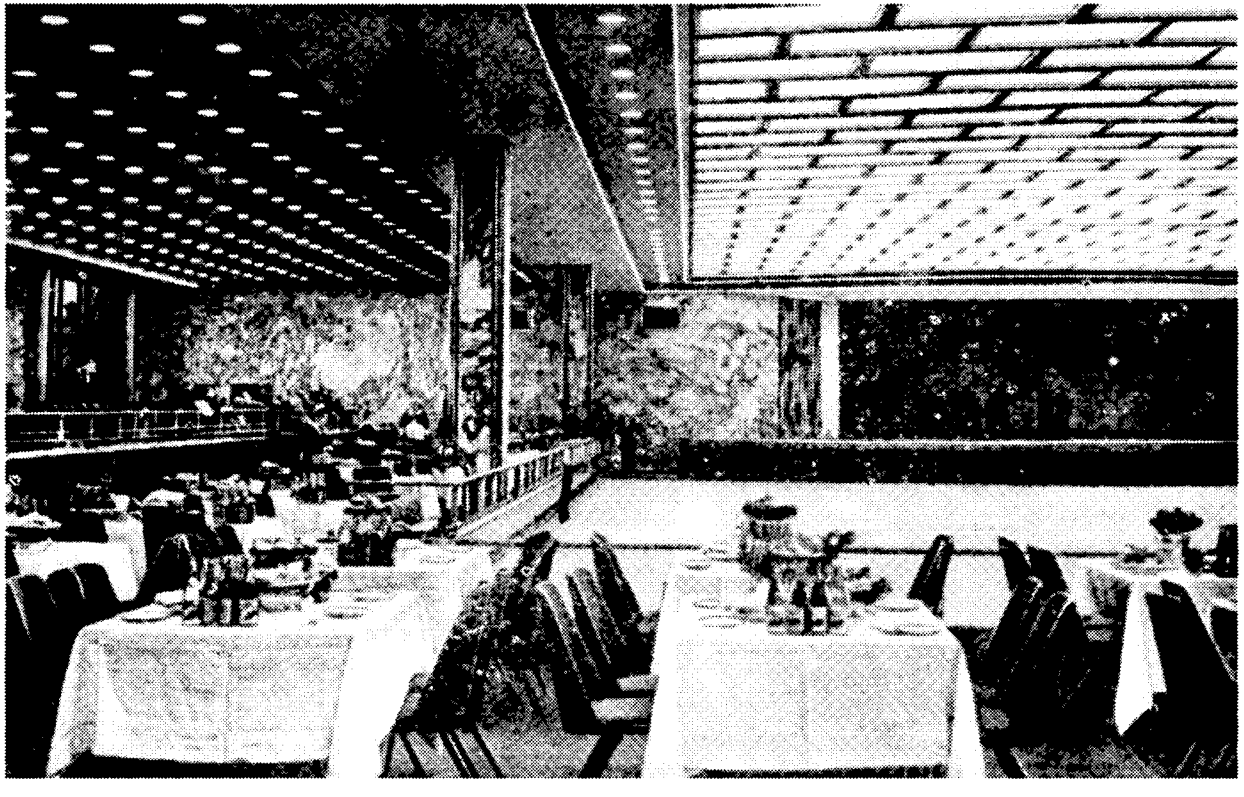


а б
в г
д

Рис. П.23. Освещение станций метро.

а — световой карниз в капителях колонн (станция «Кропоткинская»); *б* — карниз на стенах (станция «Невский проспект»); *в* — освещение люстрами оригинальной формы (станция «Марксистская»); *г* — освещение люстрами и световыми карнизами (станция «Пушкинская»); *д* — освещение светящими полосами в нишах потолка (станция «Перово»).





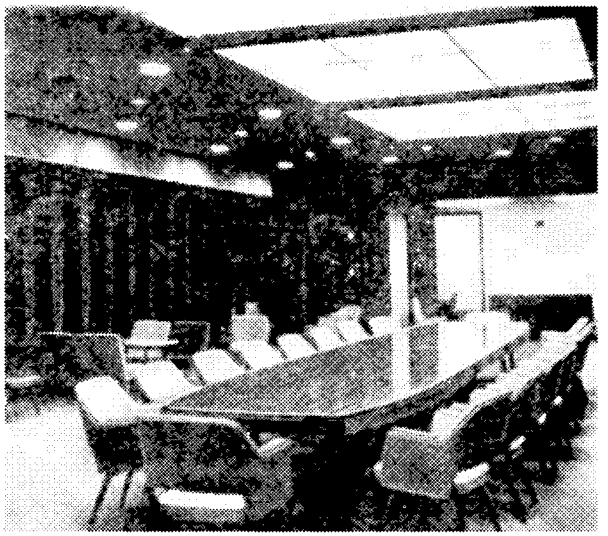
а

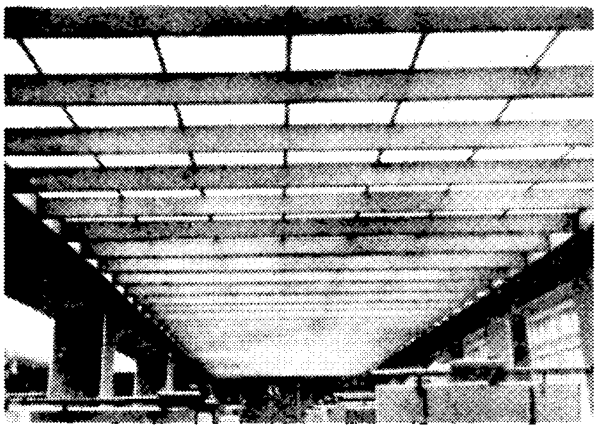
б

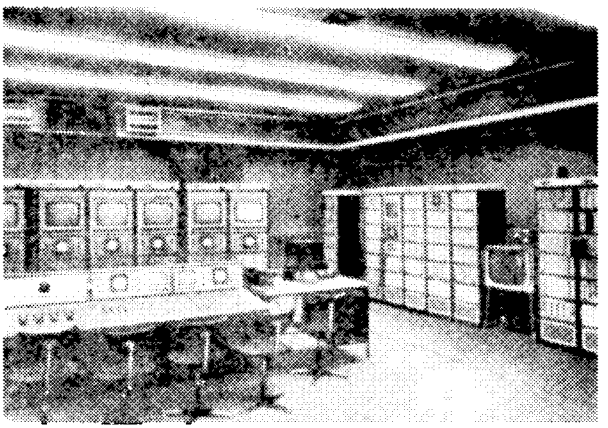
Рис. П.24.

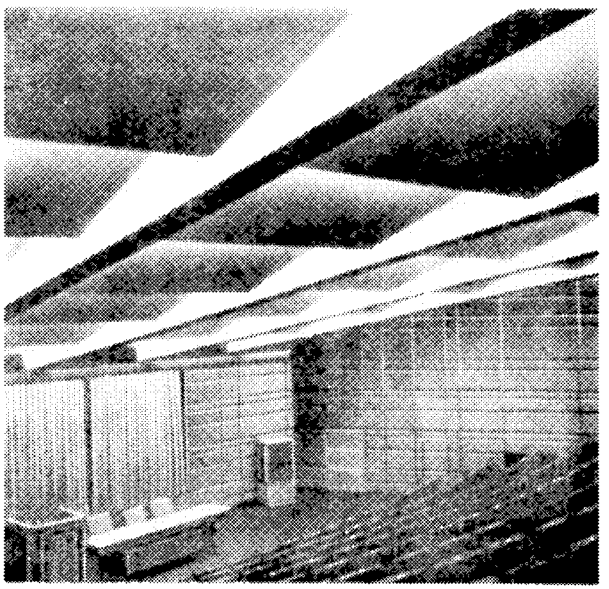
а — неравномерное размещение светильников (встраиваемые светильники со световодами в банкетном зале Дворца культуры «Украина» в Киеве); *б* — совмещение световой панели со встраиваемыми светильниками с зеркальными ЛН (банкетный зал Кремлевского Дворца съездов).







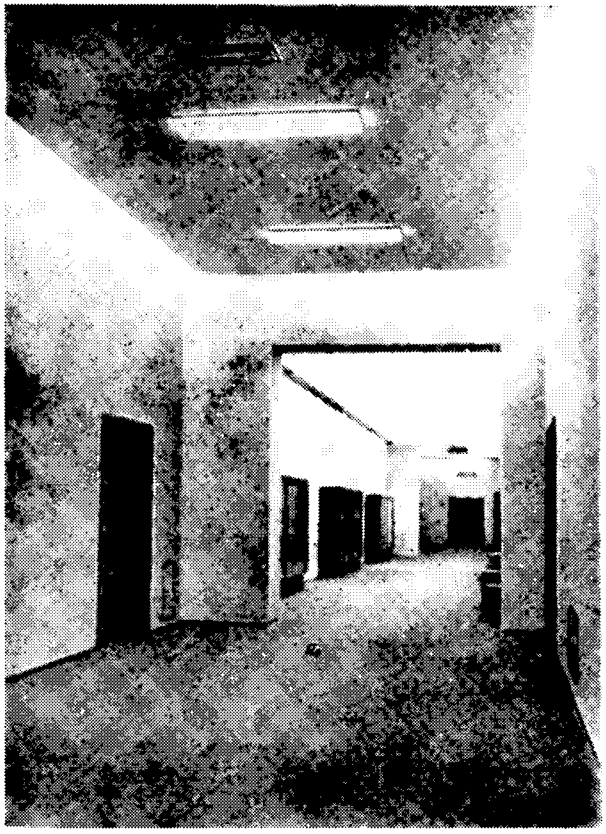


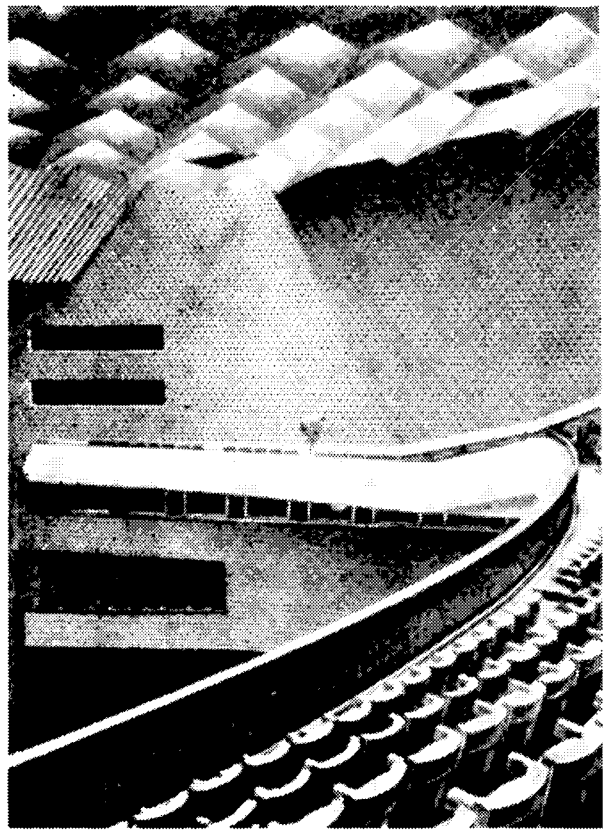


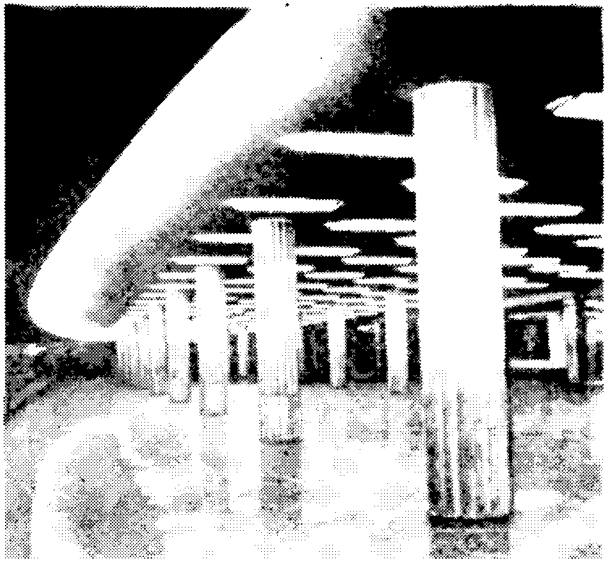
а б
в г
д

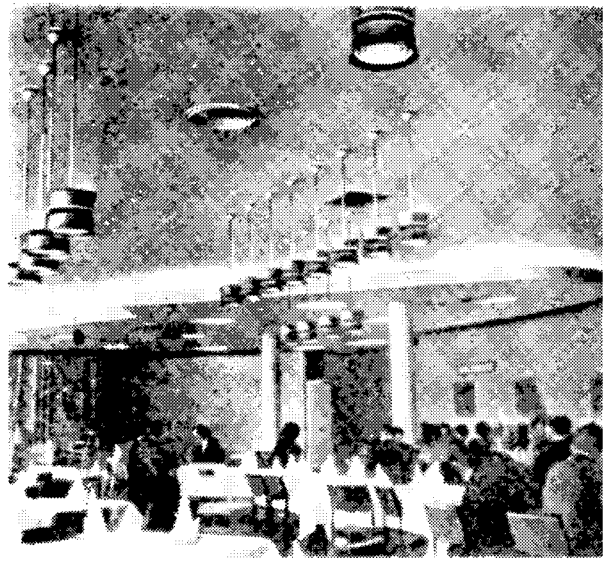
Рис. П.25.

а — освещение встраиваемыми и подвесными светильниками с ЛЛ; *б* — сочетание световой панели со встраиваемыми светильниками с зеркальными ЛЛ; *в* — освещение конструкторского бюро световым потолком с поперечными экранирующими элементами; *г* — освещение аппаратной телецентра линиями светильников; *д* — светящий потолок с дугами, расчлененными освещаемыми балками (зал заседаний СЭВ).







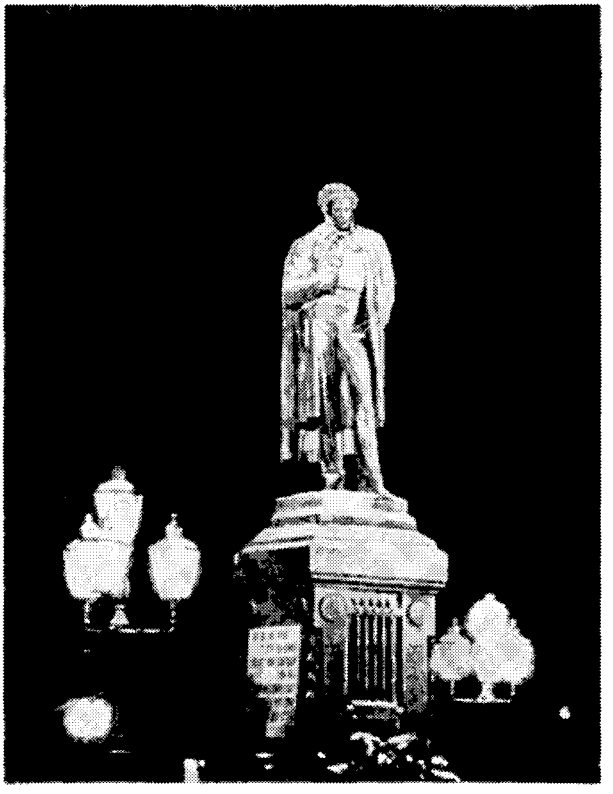


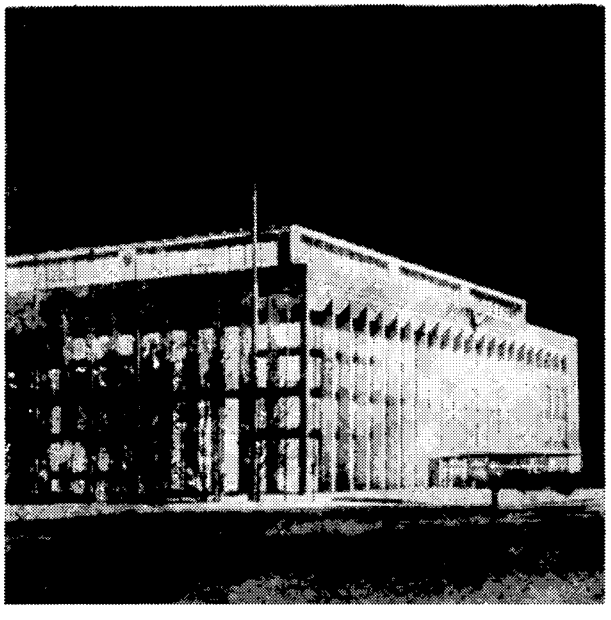
а б
в г

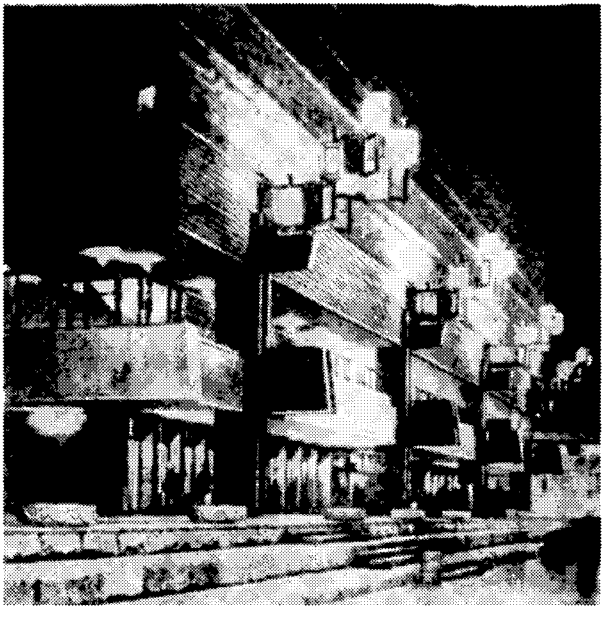
Рис. П.26.

а — «парящий» подвесной потолок (на первом плане); *б* — общий вид зрительного зала Дворца культуры «Украина» в Киеве; *в* — световой карниз в сочетании со встраиваемыми светильниками с ЛЛ (гардероб Кремлевского Дворца съездов); *г* — накладной потолок с вырезами (ресторан СЭВ).



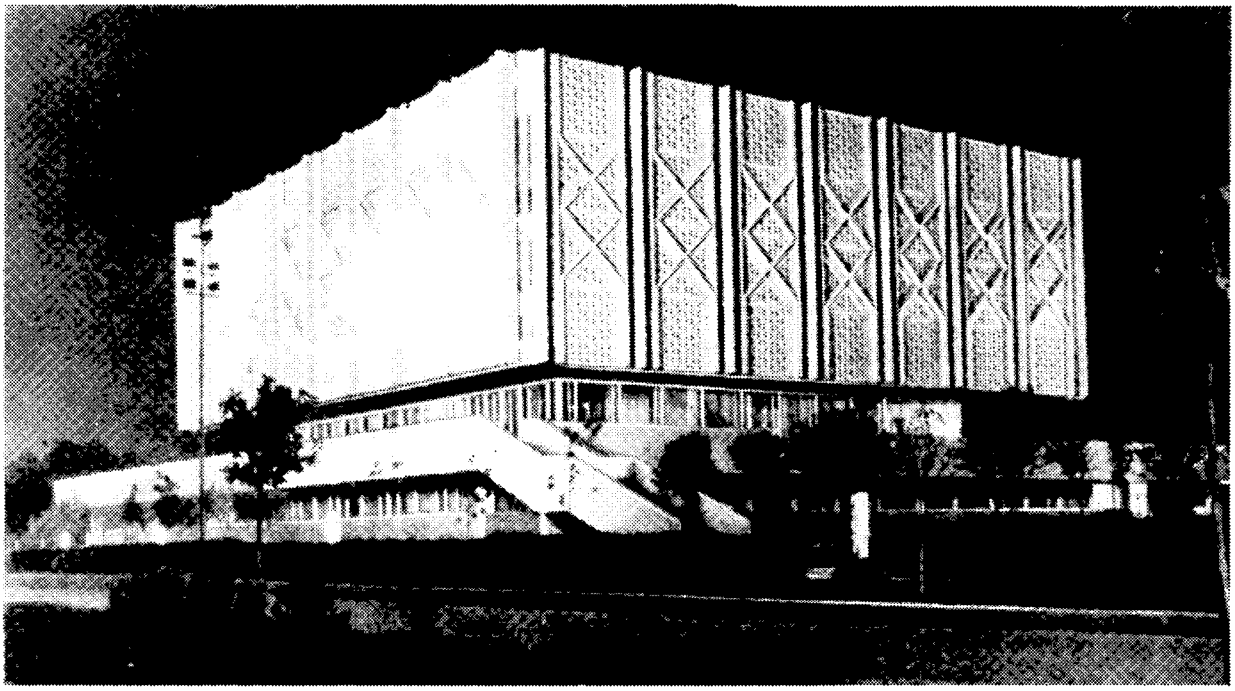






а б
в г

Рис. П.27. Освещение памятников В. И. Ленину у Финляндского вокзала в Ленинграде (*а*) и А. С. Пушкину в Москве (*б*). Наружное освещение Кремлевского Дворца Съездов (*в*) и освещение фасада нового здания МХАТ (*г*).





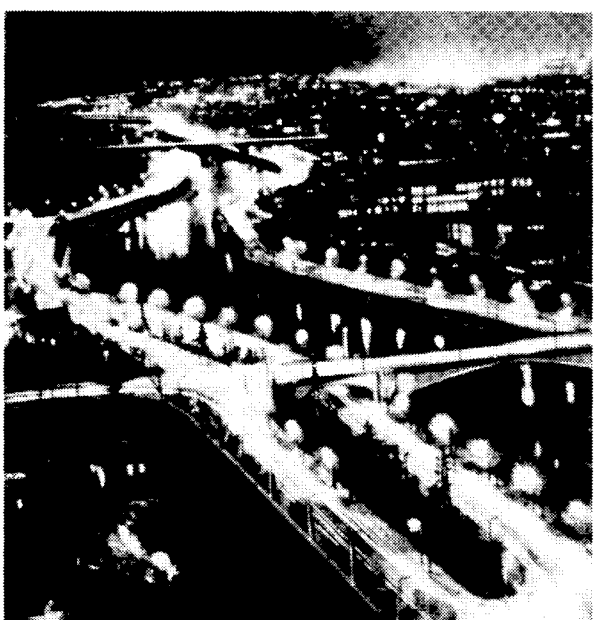
а Рис. П.28.

б *а* — сохранение дневного облика объектов средствами архитектурного наружного освещения (филиал Центрального музея В. И. Ленина в Ташкенте); *б* — изменение дневного облика объектов средствами архитектурного наружного освещения (дворец и большой каскад фонтанов в Петродворце).



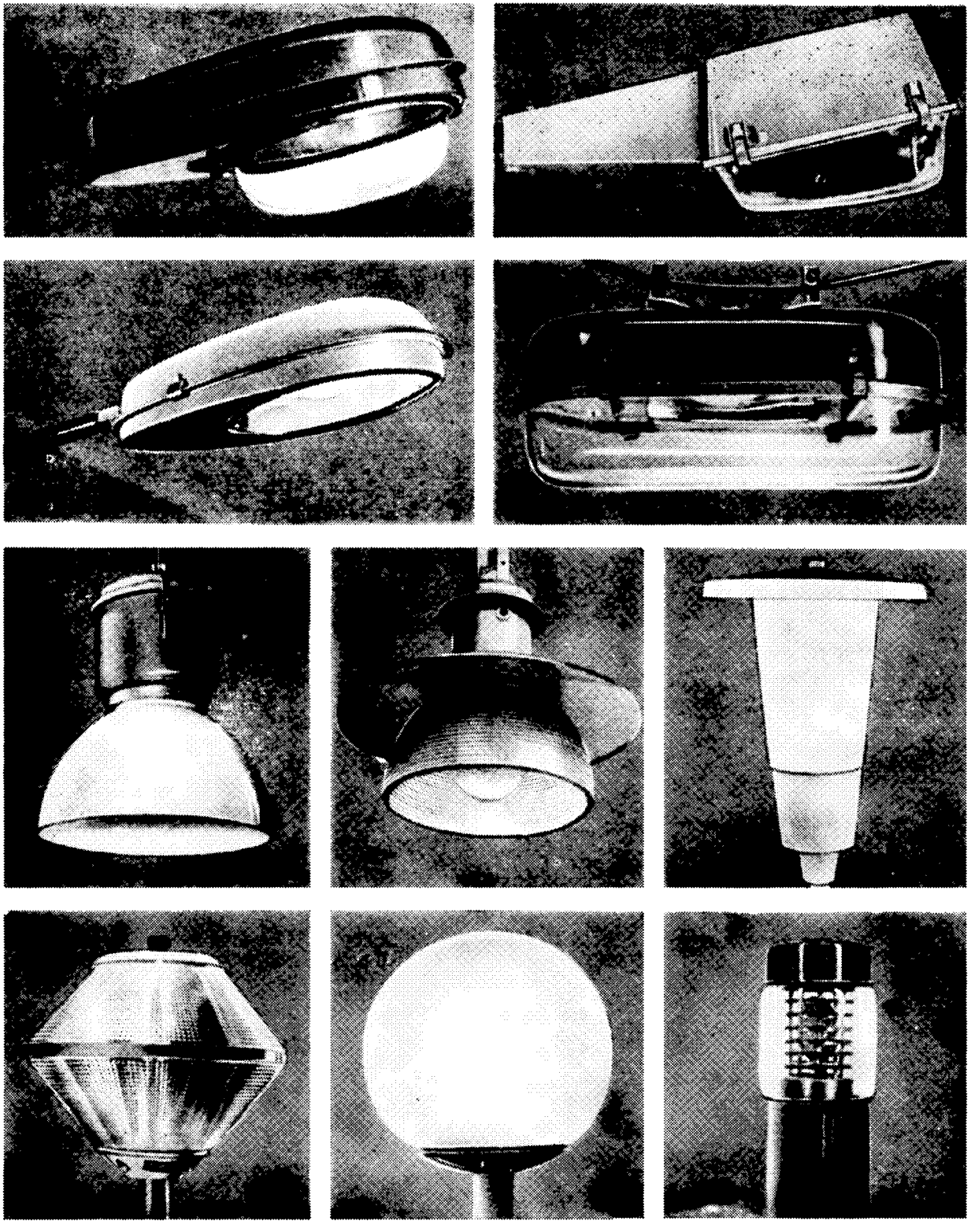






а б Рис. П.29.

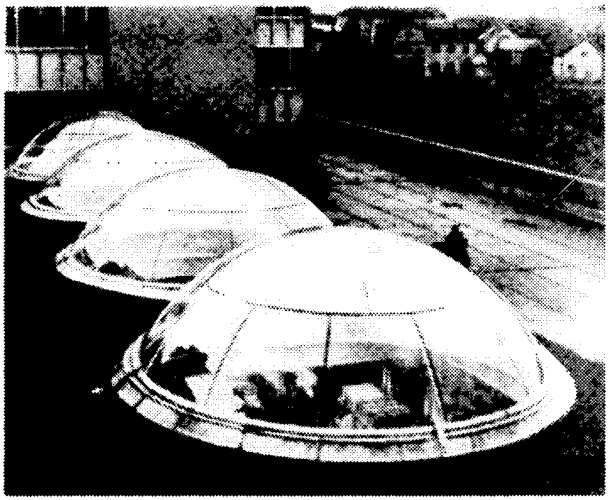
в г *а* и *б* — уличное освещение в Сочи; *в* — уличное освещение в Олимпийской деревне; *г* — панорама вечернего Тбилиси.

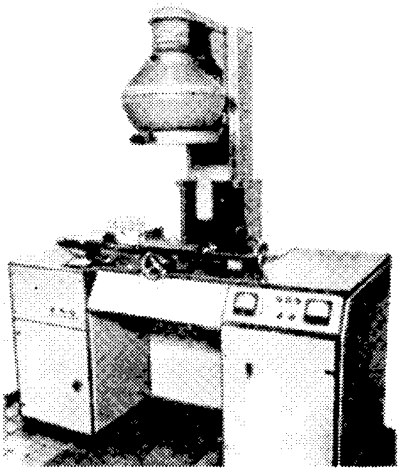


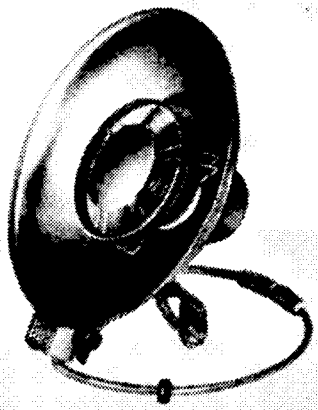
а *б*
в *г*
д *е* *ж*
з *и* *к*

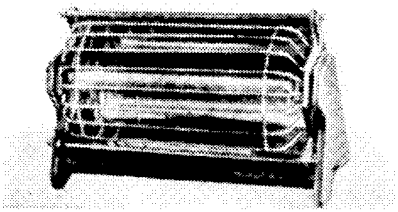
Рис. П.30. Светильники утилитарного наружного освещения.
а — ЖКУ01-400; *б* — ЖКУ02-400; *в* — РКУ01; *г* — РСУ06-250; *д* — СПОР-250; *е* — СПО-2000; *ж* — РТУ02-250; *з* — РТУ01-125; *и* — РТУ04-125; *к* — РТУ05-125.

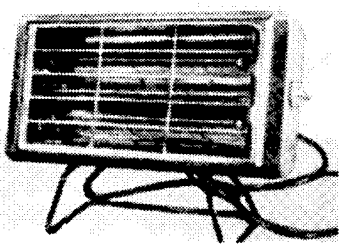




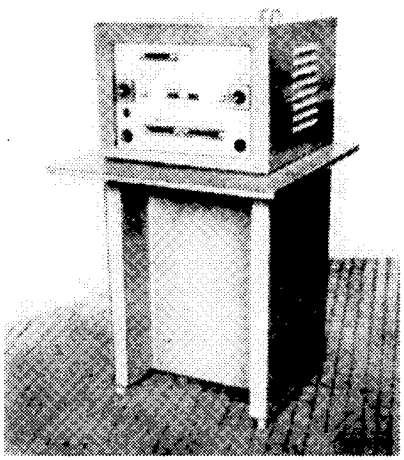


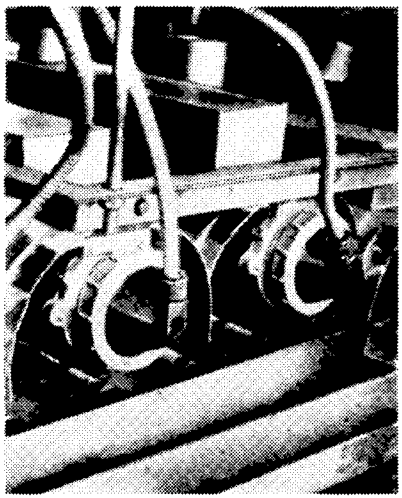








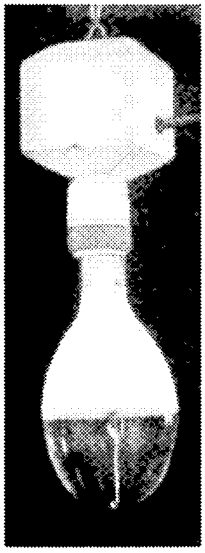
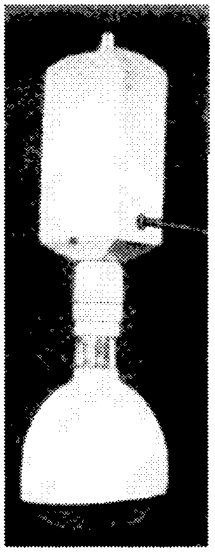
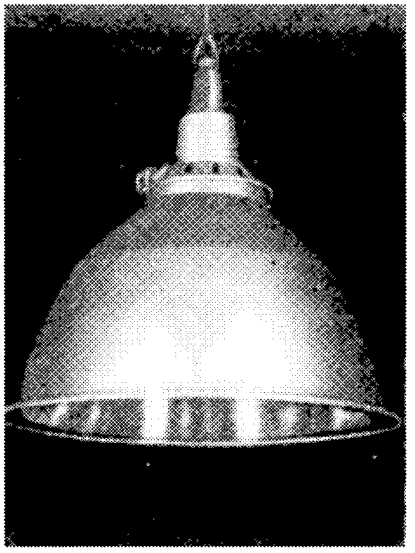
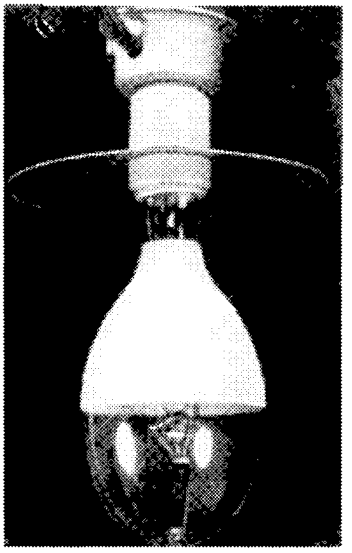


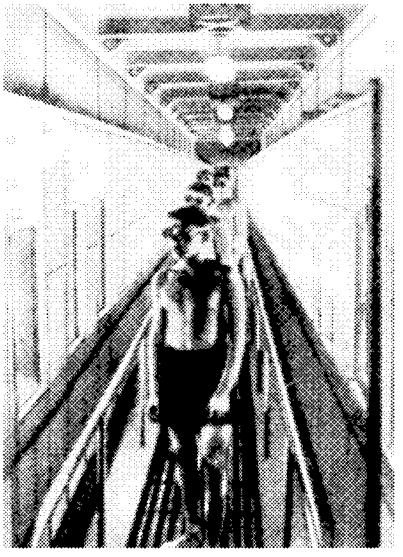
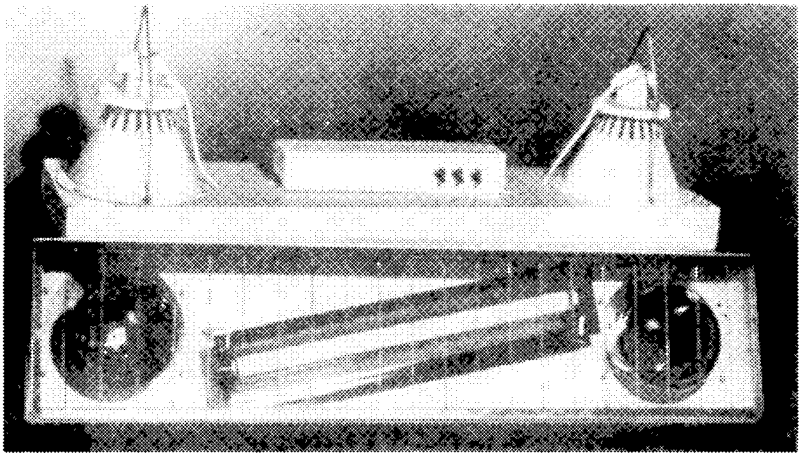


а *б* **Рис. П.31.**

в *г* *д* *е* *ж* *з* *и*

а — зенитные фонари с цельноформованными куполами из органического стекла; *б* — зенитные фонари с клееными фонарями из органического стекла (диаметр 3,5 м); *в* — общий вид установки УОО-1; *г* — ИК электрокамин с круглосимметричным отражателем; *д* и *е* — ИК электрокамины с цилиндрическими отражателями; *ж* — светокопировальный аппарат типа СКС-800; *з* — общий вид диазодубликатора; *и* — облучатели типа ФПОВК-4000 на линии имитационной отделки мебели.

а б в г д е ж з

Рис. П.32.

а — облучатель ОТ-400 для светокультуры растений; *б* — то же ОТ-1000; *в* — то же РСП15-2000; *г* — то же ОСП03-750-1; *д* — то же «Фотос»; *е* — протяженная ОСУ типа «Светотрон»; *ж* — фотарий; *з* — облучатель ИКУФ.