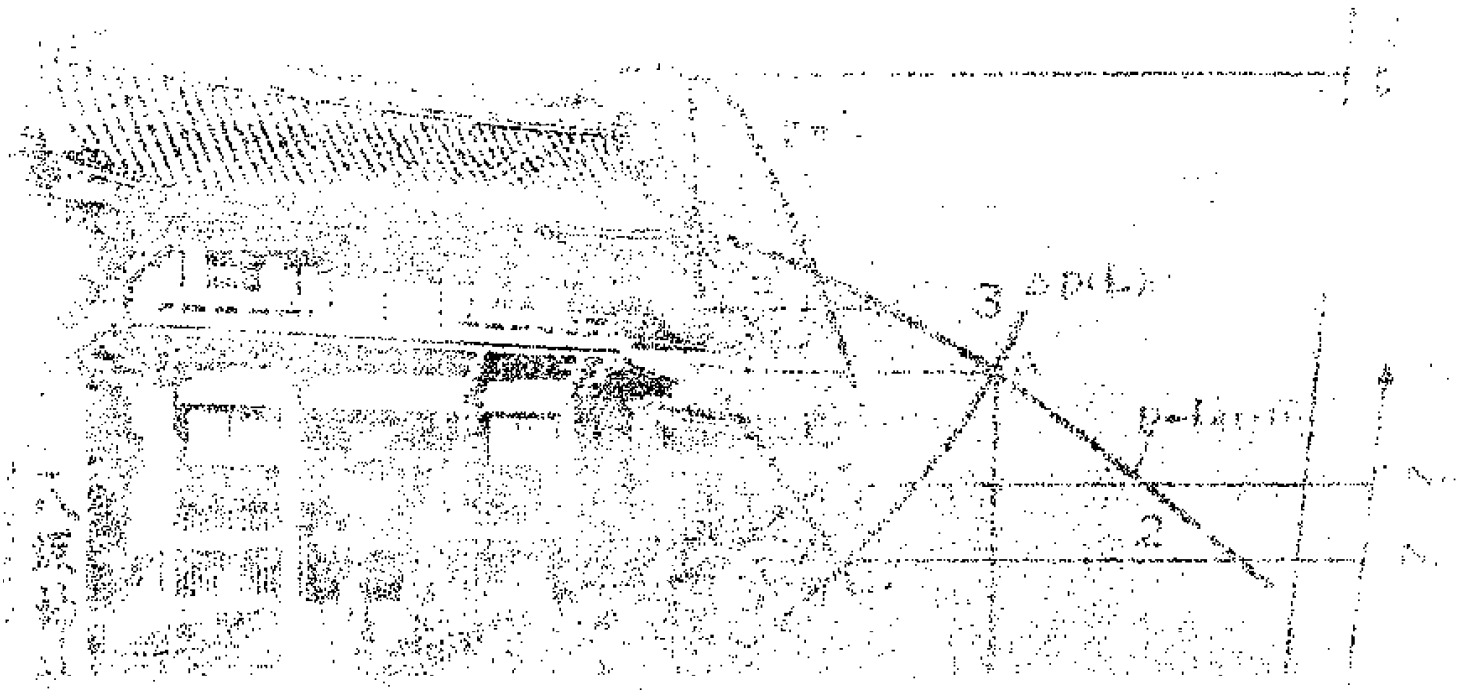
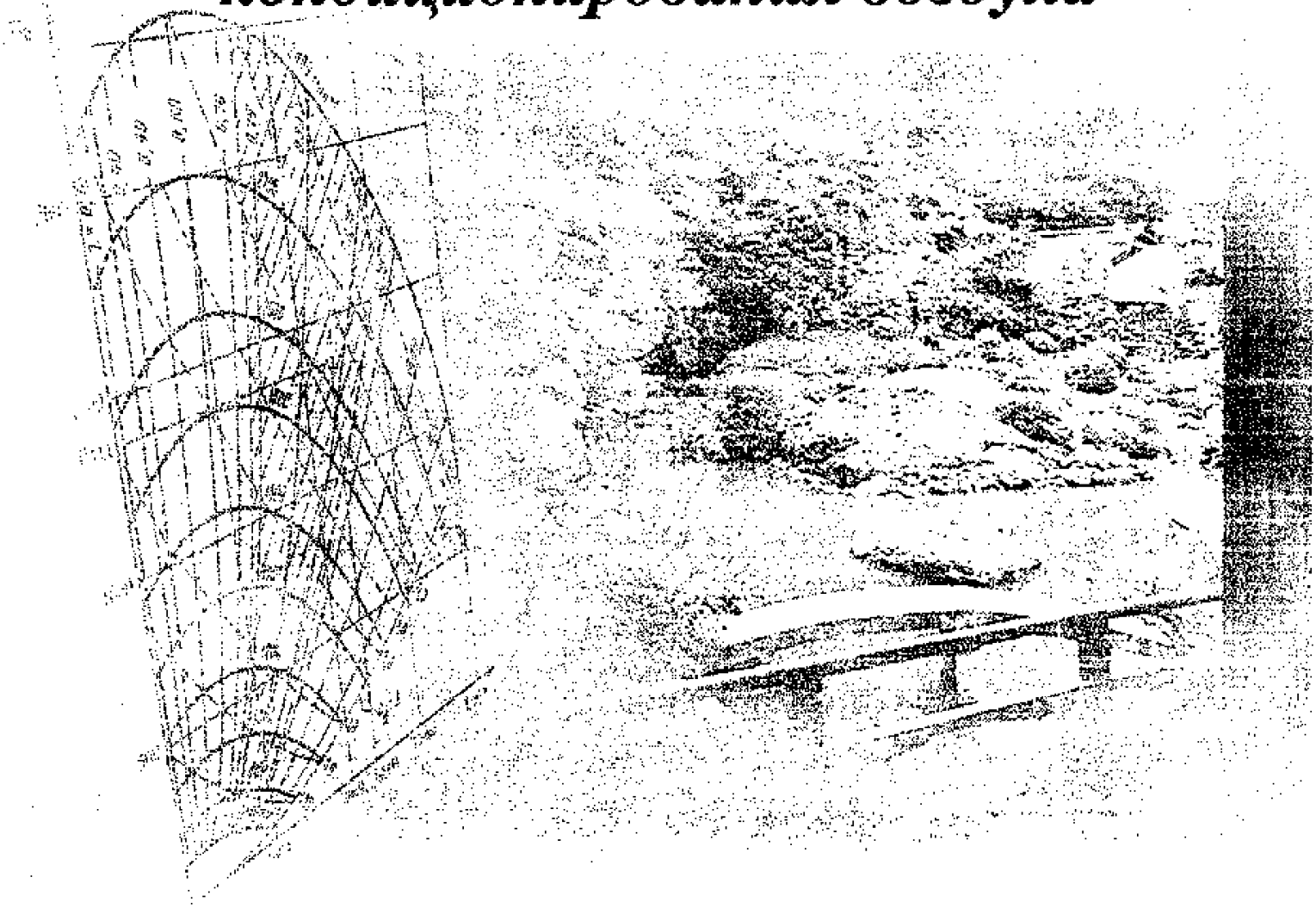
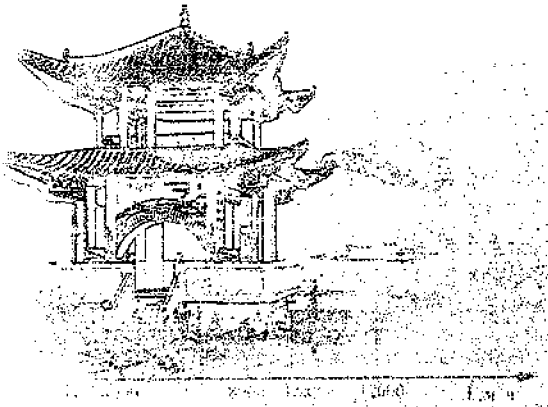
Г.Д. Нимич
В.А. Михайлов
Е.С. Бондарь



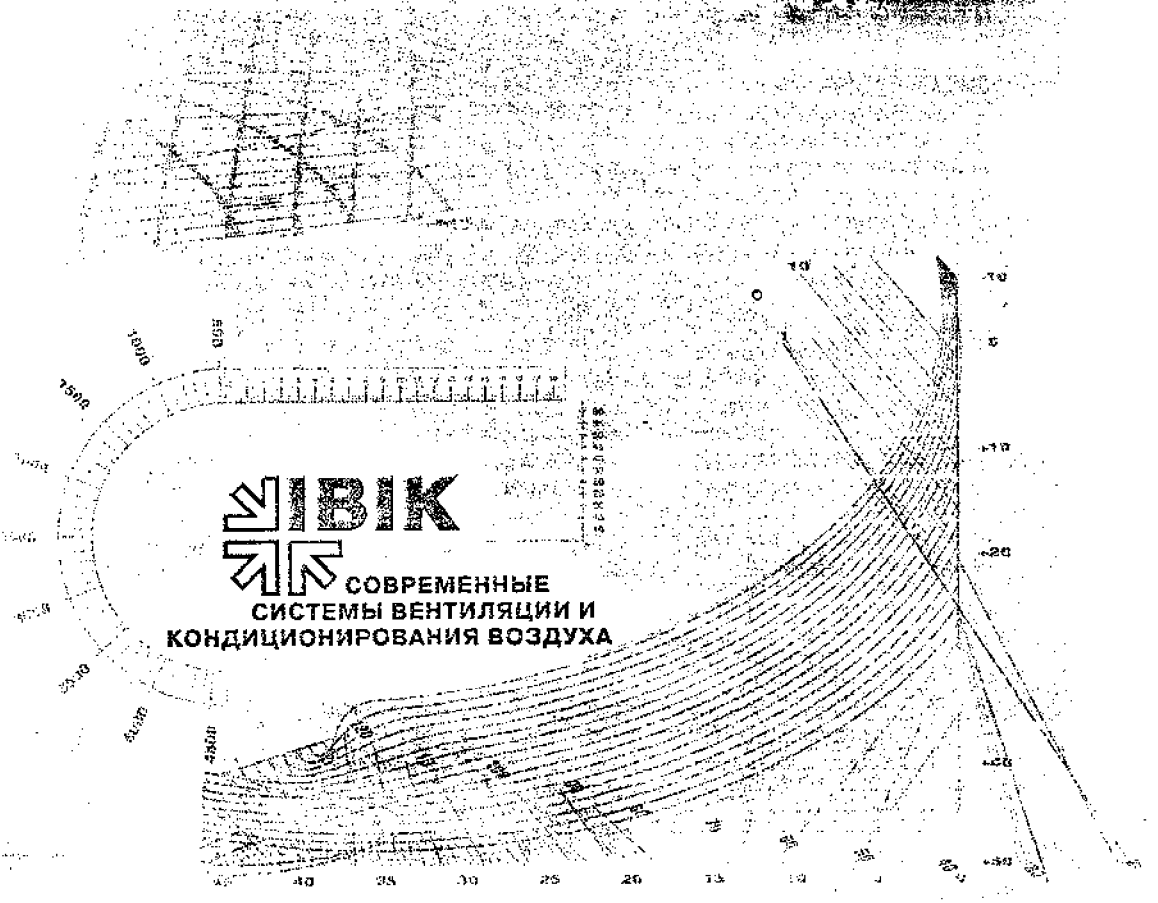
Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха



10 - летию компании "ИВИК" посвящается







ИВИК

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

ББК 38.762я7
Н67
УДК 944.1+697

Навчальний посібник є викладом курсу "Спецтехнологія" для підготовки робітників за фахом "Монтажник систем вентиляції, кондиціювання повітря, пневмотранспорту й аспірації" та "Слюсар з ремонту і обслуговування систем вентиляції та кондиціювання". У книзі викладено основи теорії отримання холоду, розглянуто проблеми вентиляції та кондиціювання повітря, вимірювання параметрів і налагоджування холодильних машин, кондиціонерів та вентиляційних мереж. Розглянуто конструкції й функціональні особливості кондиціонерів різних типів, елементну базу кондиціонерів та систем автоматичного регулювання. Висвітлено методи монтажу, діагностування та усунення неполадок.

Видання буде корисним також для інженерно-технічних працівників і студентів середніх та вищих навчальних закладів відповідного профілю.

Настоящее учебное пособие является изложением курса "Спецтехнология" для подготовки рабочих по специальностям "Монтажник систем вентиляции, кондиционирования воздуха, пневмотранспорта и аспирации" и "Слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования".

В книге подробно изложены вопросы вентиляции и комфортного кондиционирования воздуха, свойств влажного воздуха, основы теории получения холода, измерения параметров и наладки холодильных машин, кондиционеров и вентиляционных сетей.

Рассмотрены типовые конструкции, гидравлические и электрические схемы, функциональные особенности бытовых, полупромышленных, многозональных, центральных, прецизионных и других типов кондиционеров.

Большое внимание уделено описанию элементной базы кондиционеров и систем автоматического регулирования.

В книге подробно освещаются методы монтажа, диагностики и устранения неисправностей климатического оборудования, а также измерительные приборы и инструменты, необходимые для этих целей.

Сведения по климатическому оборудованию окажутся полезными также для инженерно-технических работников, занятых проектированием, монтажом и эксплуатацией систем кондиционирования воздуха, студентам средних и высших учебных заведений по специальностям "Системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения", "Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха".

ISBN 966-7671-65-8

© Німич Г. В., Михайлов В. О., Бондар Ю. С., 2003
© М'ясковська Н. В., макет і художнє оформлення, 2003
© ТОВ "Видавничий будинок" Аванпост Прим"

ВІК

Предисловие

В предлагаемой Вам книге отражен 10-летний опыт работы компании "ИВИК" в области вентиляции и кондиционирования воздуха.

При определении технической политики компании перед учредителями стояла дилемма: заниматься реализацией современной, наукоемкой, высокотехнологической, надежной, но дорогостоящей климатической техники или дешевой, но не обладающей перечисленными качествами.

Естественно, что реализовывать дешевую технику проще, но мы выбрали первый, более сложный, путь. 10 лет работы на рынке Украины подтвердили правильность нашего решения: компания "ИВИК" с сетью филиалов в различных регионах страны стала ведущей в Украине в области климатического оборудования.

Мы поставляем, проектируем, монтируем, обеспечиваем гарантийное и сервисное обслуживание оборудования лучших мировых производителей.

С 1997 года компания "ИВИК" является авторизированным дистрибьютором японского концерна Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI). Концерн MHI производит космическое, корабельное, авиационное, автомобильное, станкостроительное, климатическое и другое оборудование. В его состав входят 9 научно-исследовательских центров по разработке и освоению производства новой техники. Весь мировой опыт, потенциал научно-исследовательских центров нашел свое воплощение в выпускаемых концерном MHI климатических приборах. Все оборудование MHI выпускается на автоматических линиях, где ручной труд используется лишь на конечных стадиях производства (разгрузочно-погрузочные операции). Достаточно сказать, что на производстве 500 тысяч бытовых кондиционеров занято всего 80 человек, в основном наладчики автоматических линий и управленческий персонал.

Для монтажа и наладки такого оборудования необходимы высококвалифицированные специалисты, подготовка которых в Украине, к сожалению, не ведется. Поэтому компания "ИВИК" взяла на себя труд подготовки специалистов не только для себя, но и для других компаний и предпринимателей.

Учитывая большой опыт и наличие высококвалифицированных специалистов, Министерство просвещения и науки Украины выдало компании "ИВИК" лицензию на право подготовки рабочих 2–4 разрядов по специальностям:

- *монтажник систем вентиляции, кондиционирования воздуха, пневмотранспорта и аспирации;*
- *наладчик приборов, аппаратуры и систем автоматического контроля, регулирования и управления (наладчик КИП и автоматики);*
- *слесарь по ремонту и обслуживанию систем вентиляции и кондиционирования;*
- *монтажник оборудования холодильных установок.*

Кроме того, наши сотрудники получают второе высшее образование по специальности "Системы кондиционирования воздуха и жизнеобеспечения" в Одесской государственной академии холода.

Учебный центр компании "ИВИК", кроме подготовки специалистов, выполняет функции проводника единой технической политики компании по методам монтажа, унификации проектных решений, выбора единой элементной базы, комплектующих изделий и материалов.

Учебный центр постоянно дает консультации не только сотрудникам компании "ИВИК", но и дилерам, потребителям, специалистам других компаний.

Настоящая книга является изложением курса лекций, читаемых в учебном центре при подготовке рабочих. Мы стремились к простоте изложения, предельному сокращению математических выкладок, чтобы сделать материал доступным для людей со средним образованием. Однако наличие в книге данных по современному климатическому оборудованию может сделать ее полезной и для более широкого круга читателей: студентов, менеджеров, проектировщиков, работников сервисных служб и т. д.

Авторы пытались тщательно отредактировать рукопись книги, однако, если читатели пришлют нам свои замечания и предложения, мы с благодарностью учтем их в учебном процессе и последующих ее изданиях.

Мы благодарны всем лицам и компаниям, предоставившим материалы для данной книги (В. Степуре — Likond; П. Пилявскому — APEX; А. Ткаченко — GEA и др.).

Мы благодарим всех сотрудников компании "ИВИК", чей труд и опыт нашли свое отражение в книге. Особенно следует отметить Т. Попову, без труда которой появление этой книги было бы нереальным; Л. Кравченко, написавшего раздел 12.3; А. Сидельника, подготовившего раздел 9.3; Е. Василенко за помощь в подготовке рукописи.

Надеюсь, книга окажется для Вас полезной.

С уважением,
Генеральный директор группы компаний
"ИВИК" *Г. В. Нимич*

IBIK

Предлагаемая читателю книга написана специалистами компании "ИВИК", ведущей в Украине в области климатического оборудования и являющейся авторизированным дистрибьютором концерна Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI) в стране.

Учитывая, что при производстве климатического оборудования MHI постоянно используются последние достижения науки и новейшие технологии, для его монтажа и обслуживания необходимы высококвалифицированные специалисты. Книга создана для подготовки специалистов в учебном центре компании "ИВИК", а также специалистов, работающих в области вентиляции и кондиционирования.

В настоящем издании приведены конструкции, гидравлические и электрические схемы, технические характеристики, функциональные особенности бытовых и полупромышленных кондиционеров концерна MHI. Подробно и в доступной форме, с большим количеством иллюстраций изложены методы монтажа, наладки и ремонта кондиционеров различного класса. В ясной, но предельно сжатой форме описаны основы вентиляции, кондиционирования и получения холода, а также элементная база кондиционеров.

По нашему мнению, книга послужит прекрасным пособием для проектных и монтажных организаций, гарантийных и сервисных центров.

Надеемся, что компания "ИВИК" продолжит издательскую деятельность и будет постоянно предоставлять потребителям и специалистам сведения о новых видах оборудования, в том числе выпускаемого концерном MHI.

Генеральний управляющий
Европейского отделения
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. *Хироказу Канамори*

В последние годы в Украину поставляется большое количество климатического оборудования, производимого в лидирующих в этой области странах (Япония, США, Германия, Швеция, Италия и др.).

Группа компаний "ИВИК", являющаяся официальным дистрибьютором японского концерна Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., ведет полный комплекс работ по проектированию, монтажу и обслуживанию климатических систем любой производительности и сложности. Для выполнения подобных работ необходимы специалисты не только в области кондиционирования и вентиляции, но и в области холодильной техники, автоматики, электроники, метрологии и т. д.

К сожалению, в Украине нет учебных заведений, которые бы готовили специалистов-рабочих такого широкого профиля. Поэтому первые шаги, сделанные группой компаний "ИВИК" в этом направлении, имеют большое значение.

В предлагаемом читателю учебном пособии отражены материалы курса "Спецтехнология", читаемого в учебном центре ООО "ИВИК" при подготовке рабочих (монтажников, наладчиков, ремонтников) климатического оборудования.

В книге изложены основы теории кондиционирования воздуха; компрессионный способ получения холода; технические характеристики, схемы и конструкции, методы монтажа, наладки и ремонта климатического оборудования; методики расчета фреоновых магистралей, вентиляционных и гидравлических сетей. Подробно описаны бытовые и полупромышленные кондиционеры, центральные кондиционеры, чиллеры, фанкойлы, вентиляторы и вентиляционные сети. Рассматриваются современные способы и элементная база автоматического управления климатическим оборудованием. Отдельная глава посвящена шумовым характеристикам приборов и методам снижения уровня шума.

Материал изложен доступно, с большим количеством иллюстраций, что будет способствовать быстрому усвоению курса.

К сожалению, главы книги неравноценны по объему, но будем надеяться, что в следующих изданиях авторы устранят этот недостаток.

Уверен, что это пособие станет настольной книгой не только для рабочих, ведущих монтаж и обслуживающих климатическое оборудование, но также для студентов и преподавателей вузов, проектировщиков и специалистов смежных профессий.

Главный редактор журнала "Технические газы",
президент ассоциации "УА-СИГМА",
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки
и техники Украины,
академик Международной академии холода *Г. К. Лавренченко*

IBIK

Оглавление

Раздел 1

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Общие положения

1.1. Санитарно-гигиенические требования к состоянию воздушной среды 17
1.2. Классификация систем вентиляции 19
1.3. Классификация систем кондиционирования 21

Раздел 2

Теоретические основы вентиляции и кондиционирования

2.1. Основные свойства влажного воздуха 25
2.2. Расчет воздухообмена вентиляционных сетей 32
2.3. *I-d* диаграмма влажного воздуха 34
2.3.1. Процесс нагревания воздуха на *I-d* диаграмме 38
2.3.2. Процесс охлаждения воздуха на *I-d* диаграмме 40
2.3.3. Процесс осушки влажного воздуха на *I-d* диаграмме . 41
2.3.4. Адиабатическое увлажнение и охлаждение на *I-d* диаграмме 42
2.3.5. Смешение воздуха с различными параметрами на *I-d* диаграмме 42
2.3.6. Угловой коэффициент на *I-d* диаграмме 45
2.4. Тепло- и влагообмен в оросительных камерах 46

Раздел 3

Теоретические основы технологии получения холода

3.1. Основные понятия и определения 51
3.2. Термодинамические циклы холодильных машин 56
3.2.1. *P-V* диаграмма холодильного цикла 56
3.2.2. *T-S* диаграмма холодильного цикла 59
3.2.3. *P-I* диаграмма холодильного цикла 67
3.2.4. Определение неисправности холодильных машин по lg *P-I* диаграмме 77
3.2.5 *T-S* и *P-I* диаграммы холодильных циклов многокомпонентных хладагентов 85
3.3. Холодильные агенты 88

IBIK

3.3.1. Термодинамические свойства хладагентов ... 88
3.3.2. Экологическая безопасность хладагентов ... 90
3.3.3. Характеристики основных хладагентов ... 95
3.3.3.1. Хладагенты с высокой озоноразрушающей активностью (CFC) ... 95
3.3.3.2. Хладагенты с низкой озоноразрушающей активностью (HCFC) ... 96
3.3.3.3. Озонобезопасные хладагенты (HFC) ... 97
3.3.3.4. Альтернативные озонобезопасные хладагенты (HFC) ... 101
3.3.4. Замена хладагентов в холодильных машинах ... 105
3.3.4.1. Основные положения ... 105
3.3.4.2. Замена хладагента R12 хладагентом R134a 108
3.3.4.3. Замена хладагента R22 хладагентом R407C или R410A ... 110
3.3.5. Холодильные масла. Эксплуатационные характеристики ... 111

Раздел 4

Элементная база климатического оборудования

4.1. Компрессоры холодильных машин ... 115
4.1.1. Поршневые компрессоры ... 118
4.1.1.1. Производительность поршневых компрессоров ... 120
4.1.1.2. Регулирование производительности поршневых компрессоров ... 128
4.1.2. Ротационные компрессоры ... 131
4.1.3. Спиральные компрессоры ... 135
4.1.4. Винтовые компрессоры ... 140
4.2. Теплообменные аппараты систем кондиционирования и вентиляции ... 143
4.2.1. Классификация теплообменных аппаратов ... 143
4.2.2. Расчет теплообменных аппаратов ... 145
4.2.3. Распределители жидкого хладагента ... 148
4.2.4. Пластинчатые теплообменники ... 151
4.2.5. Рекуперативные теплообменники ... 152
4.2.6. Регенеративные теплообменники ... 152
4.3. Регуляторы подачи жидкого хладагента ... 154
4.3.1. Идеальный регулятор подачи жидкого хладагента . 154
4.3.2. Капиллярные расширительные устройства ... 155
4.3.3. Терморегулирующие вентили ... 159
4.3.3.1. Терморегулирующий вентиль с внутренним уравниванием ... 159
4.3.3.2. Заправка термобаллона терморегулирующего вентиля ... 163
4.3.3.3. Терморегулирующий вентиль с внешним уравниванием ... 165
4.3.3.4. Настройка терморегулирующего вентиля .. 168
4.3.3.5. Электронные терморегулирующие вентили 170
4.4. Электродвигатели ... 172
4.4.1. Классификация электрических машин ... 172

IBIK

4.4.2. Устройство электрических машин ... 173
4.4.3. Синхронные электрические машины ... 175
4.4.4. Коллекторные электрические машины ... 176
4.4.5. Однофазные асинхронные электродвигатели с пусковой обмоткой ... 179
4.4.6. Конденсаторные электродвигатели ... 179
4.4.7. Механическая характеристика асинхронных электродвигателей ... 181
4.4.8. Регулирование скорости вращения асинхронных электродвигателей ... 184
4.5. Четырехходовые клапаны обратимости цикла ... 189
4.5.1. Принцип работы и конструкция четырехходового клапана обратимости цикла ... 189
4.5.2. Диагностика неисправности четырехходовых клапанов ... 192
4.6. Вспомогательные элементы холодильного контура ... 195
4.6.1. Жидкостные ресиверы ... 195
4.6.2. Докипатели жидкого хладагента ... 196
4.6.3. Глушители ... 197
4.6.4. Маслоотделители ... 198
4.6.5. Клапаны ... 198
4.6.6. Фильтры-осушители ... 199
4.6.7. Смотровые стекла ... 201

Раздел 5
Бытовые кондиционеры
5.1. Требования, предъявляемые к бытовым кондиционерам ... 203
5.2. Технические характеристики бытовых кондиционеров ... 204
5.3. Особенности бытовых кондиционеров ... 208
5.3.1. Конструктивные особенности бытовых кондиционеров ... 208
5.3.2. Функциональные особенности бытовых кондиционеров ... 212
5.3.3. Алгоритмы поиска и устранения неисправностей бытовых кондиционеров ... 225
5.4. Бытовые кондиционеры с регулируемой производительностью ... 228
5.4.1. Функциональные особенности кондиционеров с регулируемой производительностью ... 228
5.4.2. Поиск и устранение неисправностей бытовых кондиционеров ... 237
5.4.2.1. Отображение вида неисправности системой самодиагностики ... 237
5.4.2.2. Алгоритмы поиска и устранения неисправностей ... 238
5.5. Многозональные бытовые кондиционеры ... 243
5.5.1. Назначение и конструктивные особенности многозональных бытовых кондиционеров ... 243
5.5.2. Поиск и устранение неисправностей многозональных бытовых кондиционеров ... 248

IBIK

5.5.2.1. Отображение вида неисправности системой самодиагностики ... 248
5.5.2.2. Алгоритмы поиска и устранения неисправностей ... 250

Раздел 6
Полупромышленные кондиционеры
6.1. Технические характеристики полупромышленных кондиционеров ... 255
6.2. Компрессорно-конденсаторные блоки полупромышленных кондиционеров ... 257
6.3. Конструкции полупромышленных кондиционеров ... 261
6.3.1. Потолочные встраиваемые (кассетные) кондиционеры ... 261
6.3.2. Настенные кондиционеры ... 267
6.3.3. Потолочно-подвесные кондиционеры ... 271
6.3.4. Канальные кондиционеры ... 275
6.3.5. Напольные кондиционеры ... 283
6.3.6. Однозональные мультисплит-системы ... 286
6.3.7. Крышные кондиционеры ... 293
6.3.8. Прецизионные кондиционеры ... 296
6.3.8.1. Требования, предъявляемые к прецизионным кондиционерам ... 296
6.3.8.2. Прецизионные кондиционеры непосредственого испарения ... 298
6.3.8.3. Прецизионные кондиционеры с двойной системой охлаждения ... 299
6.3.8.4. Прецизионные кондиционеры с энергосберегающим режимом ... 300
6.3.8.5. Регулировка влажности в помещении прецизионными кондиционерами ... 301
6.4. Функциональные особенности полупромышленных кондиционеров ... 304
6.5. Поиск и устранение неисправностей полупромышленных кондиционеров ... 313

Раздел 7
Многозональные полупромышлеиные кондиционеры
7.1. Многозональные полупромышленные кондиционеры с регулируемой производительностью (системы КХ) ... 315
7.1.1. Компрессорно-конденсаторные блоки систем КХ ... 316
7.1.2. Внутренние блоки систем КХ ... 324
7.1.3. Пульты управления систем КХ ... 331
7.1.4. Сетевая система централизованного управления микроклиматом ... 333
7.1.4.1. Модели и количество кондиционеров, подключаемых к модулю QSS-Checker ... 334
7.1.4.2. Аппаратные и системные требования к персональному компьютеру ... 334
7.1.4.3. Устройство модуля QSS-Checker ... 334
7.1.4.4. Возможности системы контроля и управления 335

7.1.5. Фреоновая магистраль систем КХ ... 337
7.1.6. Электромонтаж систем КХ ... 340
7.1.7. Функциональные особенности систем КХ ... 344
7.1.8. Перспективные модели многозональных кондиционеров ... 362
7.2. Многозональные полупромышленные кондиционеры с наращиваемой производительностью (системы КХК) ... 366
7.2.1. Компрессорно-конденсаторные блоки систем КХК 366
7.2.2. Фреоновая магистраль систем КХК ... 372
7.2.3. Электромонтаж систем КХК ... 379
7.2.3.1. Требования к монтажу электропроводки ... 379
7.2.3.2. Установка адресации ... 379
7.2.4. Функциональные особенности систем КХК ... 383
7.3. Многозональные полупромышленные кондиционеры с утилизацией тепла (системы KXR) ... 392
7.3.1. Принцип работы кондиционеров с утилизацией тепла 392
7.3.1.1. Принцип работы трехтрубной системы ... 394
7.3.1.2. Принцип работы двухтрубной системы ... 396
7.3.2. Компрессорно-конденсаторные блоки системы KXR . 398
7.3.3. Внутренние блоки систем KXR ... 402
7.3.4. Фреоновая магистраль систем KXR ... 402
7.3.5. Электромонтаж систем KXR ... 407
7.3.6. Функциональные особенности систем KXR ... 409
7.4. Многозональные полупромышленные кондиционеры с механическим приводом компрессора (системы GHC-HMT) ... 418
7.4.1. Назначение и технические характеристики кондиционеров GHC-HMT ... 418
7.4.2. Компрессорно-конденсаторные блоки кондиционеров GHC-HMT ... 419
7.4.2.1. Запуск двигателя внутреннего сгорания ... 422
7.4.2.2. Работа соленоидных клапанов ... 422
7.4.3. Функциональные особенности кондиционеров GHC-HMT ... 424
7.4.4. Диагностика неисправностей кондиционеров GHC-HMT ... 433

Раздел 8
Системы кондиционирования воздуха с чиллерами
8.1. Холодильные машины для охлаждения жидкости (чиллеры) .. 445
8.2. Насосные станции ... 447
8.3. Насосы ... 451
8.4. Конвекторные теплообменники (фанкойлы) ... 456

Раздел 9
Центральные кондиционеры
9.1. Основные компоновочные схемы центральных кондиционеров ... 461

ИВИК

9.2. Функциональные устройства центральных кондиционеров 463
9.2.1. Камеры смешения 463
9.2.2. Секции фильтрации воздуха 464
9.2.3. Секции охлаждения воздуха 467
9.2.4. Секции нагрева воздуха 467
9.2.5. Секции увлажнения воздуха 468
9.2.6. Вентиляторные секции 469
9.2.7. Секции шумоглушения 469
9.3. Автоматизация систем центрального кондиционирования воздуха 470
9.3.1. Автоматизация прямоточных систем центрального кондиционирования 470
9.3.2. Автоматизация центрального кондиционирования с рециркуляцией или рекуперацией тепла 475
9.3.3. Управляющие функции системы автоматического управления 477
9.3.3.1. Последовательность пуска 477
9.3.3.2. Последовательность остановки 478
9.3.3.3. Резервирующие и дополняющие функции 478
9.3.4. Защитные функции автоматического управления 479
9.3.5. Регулирующие функции автоматического управления 479
9.3.5.1. Пропорциональная составляющая процесса регулирования 479
9.3.5.2. Интегральная составляющая процесса регулирования 481
9.3.5.3. Дифференциальная составляющая процесса регулирования 482
9.3.6. Аппаратурная реализация процесса регулирования 483
9.3.7. Основные понятия нечеткой логики 493
9.3.7.1. Нечеткая логика в системах управления кондиционерами 494
9.3.7.2. Структура микроконтроллера с нечеткой логикой 495

Раздел 10
Вентиляторы и вентиляционные сети

10.1. Классификация вентиляторов 497
10.1.1. Центробежные вентиляторы 497
10.1.2. Диаметральные вентиляторы 500
10.1.3. Осевые вентиляторы 500
10.2. Основные характеристики вентиляторов 500
10.3. Графические характеристики вентиляторов 504
10.4. Вентиляционные сети 508
10.4.1. Работа вентилятора в сети 508
10.4.2. Аэродинамический расчет воздухораспределительных сетей 512
10.4.3. Совместная работа вентиляторов 521
10.4.4. Правила теории подобия для вентиляторов 524
10.5. Конструкции вентиляторов 525

10.5.1. Конструктивные особенности вентиляторов фирмы Systemair ... 526
10.5.2. Типы вентиляторов фирмы Systemair ... 531
10.6. Аспирация и пневмотранспорт ... 534
10.7. Испытание и регулировка воздухораспределительных сетей ... 537
10.7.1. Испытание вентиляторов ... 537
10.7.2. Испытание и регулировка воздухораспределительных сетей ... 540

Раздел 11
Шумовые характеристики систем вентиляции и кондиционирования воздуха
11.1. Общие положения. Термины и определения ... 545
11.2. Спектры акустических колебаний ... 550
11.3. Физиологическое воздействие звука на человека ... 555
11.4. Измерение уровня звука ... 556
11.5. Методы снижения уровня шума ... 562

Раздел 12
Монтаж и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха
12.1. Подготовительные работы ... 567
12.2. Установка оборудования ... 568
12.3. Электрический монтаж оборудования ... 571
12.3.1. Основные правила выполнения электромонтажа ... 571
12.3.2. Электрические соединения ... 574
12.3.3. Автоматические выключатели ... 577
12.3.4. Устройства защитного отключения ... 580
12.4. Монтаж фреоновых магистралей ... 582
12.4.1. Подготовка труб ... 582
12.4.2. Резка труб ... 583
12.4.3. Гибка труб ... 584
12.4.4. Соединение труб ... 586
12.4.5. Пайка медных труб ... 589
12.4.6. Прокладка фреоновых магистралей ... 595
12.4.7. Особенности монтажа всасывающих магистралей ... 597
12.4.8. Особенности монтажа нагнетательных магистралей 599
12.4.9. Особенности монтажа жидкостных магистралей ... 599
12.4.10. Монтаж маслоподъемных петель ... 599
12.4.11. Определение диаметра труб фреоновых магистралей ... 600
12.4.12. Монтаж терморегулирующих вентилей ... 601
12.5. Монтаж дренажных трубопроводов ... 604
12.6. Контроль герметичности холодильного контура ... 606
12.7. Вакуумирование холодильного контура ... 608
12.8. Заправка хладагента ... 612
12.9. Наладка, испытание и сдача систем вентиляции и кондиционирования воздуха в эксплуатацию ... 614

Приложения ... 617
Литература ... 624

IBIK

Раздел 1

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Общие положения

1.1. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОСТОЯНИЮ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Основным условием нормальной жизнедеятельности человека является определенное состояние окружающей среды и, в первую очередь, воздуха. Атмосферный воздух представляет собой механическую смесь газов, состоящую в основном из азота, кислорода и водяных паров. Сухой воздух вблизи Земли содержит 78,09 % азота, 20,95 % кислорода, 0,95 % аргона, 0,03 % углекислого газа. На долю остальных газов (водорода, гелия, неона, криптона, ксенона, метана и др.) приходится всего лишь 0,01 %. Без преувеличения можно сказать, что по степени важности состав воздуха является приоритетным даже относительно состава продуктов питания. В подтверждение этого можно отметить, что человек потребляет в сутки продуктов питания примерно 3 кг, а воздуха 15 кг, в том числе 15 литров кислорода в час. В то же время человек выделяет в час углекислого газа 18–36 л, влаги — 40–415 г, тепла — 300–1000 кДж.

Накопление выделений различного вида и изменение температуры воздуха сильно сказывается на самочувствии людей. Так, при увеличении температуры окружающей среды с 20 до 36 °С производительность работы человека снижается в 5 раз. Особенно это проявляется в промышленных городах, где воздух загрязнен отходами производств, выхлопными газами автомобилей, пылью и т. п. Частицы пыли поглощают водяной пар, вследствие чего уменьшается прозрачность воздуха, увеличивается число пасмурных дней, ухудшается прохождение солнечных лучей, необходимых для нормальной жизни на Земле.

Технологические процессы во многих отраслях промышленности также не могут быть реализованы без создания строго определенной воздушной среды.

IBIK

Основными нормируемыми параметрами воздуха в помещении являются: температура, влажность, скорость движения, газовый состав, наличие механических частиц пыли.

Создание оптимального состава воздушной среды в помещении может осуществляться путем удаления образовавшихся тепло-, газо- и влагоизбытков, пыли и добавления необходимого количества свежего воздуха с предварительной его подготовкой (охлаждение или нагрев, осушка или увлажнение, фильтрация и др.). Эти процессы обеспечиваются с помощью систем кондиционирования и вентиляции (СКВ).

Вентиляция — (от лат. ventilatio — проветривание) — организованный воздухообмен, предназначенный для создания воздушной среды, благоприятной для здоровья человека, а также отвечающей требованиям технологических процессов, сохранения оборудования, материалов, продуктов и др.

Кондиционирование воздуха — создание и автоматическое поддержание в закрытых помещениях температуры, влажности, чистоты, состава, скорости движения воздуха, которые являются наиболее благоприятными для самочувствия людей (комфортное кондиционирование) или ведения технологических процессов, работы оборудования и приборов (технологическое кондиционирование).

В соответствии с ***санитарно-гигиеническими требованиями*** наиболее благоприятная температура в общественных, административно-бытовых помещениях должна быть 20–22 °С, а допустимые колебания в теплый период — от 20 до 28 °С, в холодный и переходной периоды — от 18 до 22 °С.

Относительная влажность считается оптимальной в диапазоне от 30 до 60 % в теплый период и 30–45 % в холодный и переходной периоды. Верхняя допустимая граница относительной влажности — 65 %.

Чтобы разрушить создаваемую телом человека оболочку газовых выделений, необходимо организовать движение воздушной среды. Однако чрезмерно увеличивать скорость движения воздушной среды недопустимо из-за возникающего чувства дискомфорта и возможности простудных заболеваний. При температуре воздуха 20–25 °С ***допустимой скоростью движения воздуха*** является 0,2–0,3 м/с — для легких работ, 0,4–0,5 м/с — для работ средней тяжести и 0,6 м/с — для тяжелых работ.

В обычных условиях человек выделяет около 18 литров углекислого газа в час. Избыток, как и недостаток, углекислого газа вредно воздействуют на состояние человека. Допустимые значения концентрации углекислого газа в помещении составляют: 0,03–0,07 % — для пребывания детей и больных; 0,07–0,1 % — для продолжительного пребывания людей.

ІВІК

При проектировании систем кондиционирования воздуха предусматривают технические решения, обеспечивающие перечисленные выше нормируемые параметры воздушной среды. Конкретные требования к воздушной среде для объектов различного назначения излагаются в строительных нормах и правилах. Перечень основных стандартов в области вентиляции и кондиционирования воздуха, действующих в Украине, приведен в приложении 1.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Нормативной классификации СКВ не существует, но на практике и в технической литературе сложились определенные терминология и классификация, которой мы будем придерживаться.

1. В зависимости от способа, вызывающего движение воздуха, системы вентиляции подразделяются на естественные (гравитационные) и искусственные (с механическим побуждением).
2. По назначению — на приточные, вытяжные и смешанные.
3. По зоне обслуживания — на общеобменные и местные.
4. По конструктивному исполнению — на канальные и бесканальные.

Воздухообмен при естественной вентиляции ***(аэрация)*** происходит за счет разности плотностей внутреннего и наружного воздуха или разности температур атмосферного воздуха и воздуха в помещении.

В помещениях с большими тепловыделениями воздух всегда теплее наружного. Более тяжелый наружный воздух, поступая в помещение, вытесняет из него менее плотный воздух. Вследствие этого в помещении возникает циркуляция воздуха, аналогичная той, которую искусственно создают вентилятором.

В системах с ***естественной вентиляцией***, в которых перемещение воздуха создается за счет разности давлений воздушного столба, минимальный перепад по высоте между уровнем забора воздуха из помещения и его выбросом через дефлектор должен быть не менее 3 м. При этом рекомендуемая длина горизонтальных участков не должна превышать 3 м, а скорость воздуха в воздуховодах — 1 м/с.

Аэрацию применяют в цехах, если концентрация пыли и вредных газов в приточном воздухе не превышает 30 % от предельно допустимой в рабочей зоне. Если требуется предварительная обработка приточного воздуха, аэрацию не используют.

Иногда для организации потока воздуха в помещении используется явление ***ветрового давления***, которое заключается в том, что на стороне здания, обращенной к ветру, образуется повышенное давление, а на противоположной — разрежение.

IBIK

Системы с естественной вентиляцией просты, не требуют сложного дорогостоящего оборудования и эксплуатационных затрат. Однако зависимость эффективности этих систем от внешних факторов (температуры наружного воздуха, направления и скорости ветра), а также небольшое давление не позволяет решать с их помощью все сложные и многообразные задачи в области вентиляции. Поэтому применяют системы с ***механическим побуждением***.

В системах с механическим побуждением используется оборудование (вентиляторы), позволяющее перемещать воздух на нужные расстояния. При необходимости воздух подвергают различным видам обработки: очистке, нагреванию, охлаждению, увлажнению, осушке. Вентиляцию с механическим побуждением можно разделить на ***местную*** и ***общеобменную***.

Местной вентиляцией называется такая, которая обеспечивает подачу воздуха на определенные места (местная приточная вентиляция) и загрязненный воздух удаляют только от мест образования вредных выделений (местная вытяжная вентиляция).

Местная вентиляция обеспечивает воздухообмен только в рабочей зоне, а общеобменная — во всем помещении.

К местной вентиляции относятся воздушные души (сосредоточенный приток воздуха с повышенной скоростью). Они должны подавать чистый воздух к постоянным рабочим местам, снижать в их зоне температуру воздуха и обдувать рабочих, подвергающихся тепловому облучению.

К **местной приточной вентиляции** относятся воздушные оазисы — участки помещений, отгороженные от остального помещения перегородками высотой 2–2,5 м, в которые нагнетается воздух с пониженной температурой. Местную приточную вентиляцию применяют также в виде воздушных завес (у ворот, входов, печей и пр.), которые создают как бы воздушные перегородки или изменяют направление потоков воздуха. Местная вентиляция требует меньших затрат, чем общеобменная. В производственных помещениях при наличии вредных выделений (газов, влаги, тепла и пр.) обычно применяют смешанную систему вентиляции: общую — для устранения вредных выделений во всем объеме помещения и местную (местные отсосы и приток) — для обслуживания рабочих мест.

Местную вытяжную вентиляцию применяют, когда места вредных выделений в помещении локализованы и нельзя допускать их распространения по всему помещению. Местная вытяжная вентиляция в производственных помещениях обеспечивает улавливание и отвод вредных выделений: газов, дыма, пыли и тепла. Для удаления вредных выделений применяют местные отсосы (укрытия в виде шкафов, зонты, бортовые отсосы и пр.).

IBIK

Вредные выделения необходимо удалять от места образования в направлении их естественного движения: горячие газы и пары следует удалять вверх, а холодные тяжелые газы и пыль — вниз. При устройстве местной вытяжной вентиляции для улавливания пылевыделений удаляемый из помещения воздух перед выбросом в атмосферу должен быть очищен с помощью фильтров. Если местной вентиляцией не удается обеспечить санитарно-гигиенические или технологические требования, применяют ***общеобменные системы вентиляции***.

Общеобменные вытяжные системы равномерно удаляют воздух из всего помещения, а **общеобменные приточные** — подают воздух и распределяют по всему объему вентилируемого помещения. При одновременной работе приточной и вытяжной вентиляции они должны быть сбалансированы по расходу воздуха.

Если воздух, подаваемый в помещение, образуется путем смешивания наружного воздуха и воздуха, забираемого из помещения, то такая система называется ***приточно-рециркуляционной***.

Системы вентиляции, подающие и удаляющие воздух по каналам или воздуховодам, называют ***канальными***, а не имеющие каналов — ***бесканальными***.

Система, предназначенная для удаления пыли, которая образуется при технологических процессах, называется ***аспирационной***.

Аспирационные системы подразделяются на:

- ***индивидуальные***, когда каждое рабочее место имеет отдельную вытяжную установку;
- ***центральные***, когда одна установка обслуживает группу рабочих мест.

Для перемещения легковесных материалов (древесная стружка, отходы текстильных материалов, хлопок и др.) создают вентиляционные системы, называемые ***пневмотранспортом***.

1.3. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

Системы кондиционирования могут быть классифицированы следующим образом:

1. По степени обеспечения метеорологических условий в обслуживаемом помещении системы кондиционирования подразделяются на три класса: ***первого***, ***второго*** и ***третьего***.
2. По давлению, развиваемому вентиляторами,— ***низкого*** (до 1000 Па), ***среднего*** (до 3000 Па) и ***высокого*** (свыше 3000 Па) ***давления***.
3. По назначению объекта применения — ***комфортные*** и ***технологические***.

IBIK

4. По наличию источников тепла и холода — ***автономные*** и ***неавтономные***.
5. По принципу расположения системы кондиционирования относительно обслуживаемого объекта — ***центральные*** и ***местные***.
6. По количеству обслуживаемых помещений — ***однозональные*** и ***многозональные***.
7. По типу обслуживаемых объектов — ***бытовые***, ***полупромышленные*** и ***промышленные***.

Системы кондиционирования ***первого класса*** обеспечивают требуемые для технологического процесса параметры в соответствии с нормативными документами.

Системы ***второго*** класса обеспечивают санитарно-гигиенические нормы или требуемые технологические нормы.

Системы ***третьего*** класса обеспечивают допустимые нормы, если они не могут быть обеспечены вентиляцией в теплый период года без применения искусственного охлаждения воздуха.

Оптимальные параметры воздуха представляют собой совокупность условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей (область комфортного кондиционирования воздуха), или условий для правильного протекания технологического процесса (область технологического кондиционирования). Оптимальные параметры внутреннего воздуха на промышленных предприятиях устанавливают, исходя из положения, что если количество и качество продукции зависит от соблюдения точного режима технологического процесса, а не от интенсивности труда, то определяющим фактором являются требования технологического процесса. Если же на выпуск продукции в основном влияет интенсивность труда, устанавливаются комфортные условия для работающих в цехе людей.

Допустимые параметры воздуха устанавливаются в случае, когда по технологическим требованиям или техническим и экономическим причинам не обеспечиваются оптимальные нормы (СНиП 2.04.05-91).

Автономные СКВ в своем составе имеют весь комплекс оборудования, позволяющий провести необходимую обработку воздуха в соответствии с нормативными требованиями по очистке, нагреванию, охлаждению, осушке, увлажнению, перемещению и распределению воздуха, а также средства автоматического и дистанционного управления и контроля. Для работы автономной СКВ необходимо подать только электрическую энергию. К автономным СКВ относятся моноблочные оконные, шкафные кондиционеры, сплит-системы.

Неавтономные СКВ не имеют встроенных агрегатов, являющихся источниками тепла и холода. К этим СКВ от других источников тепло- и холодоснабжения подаются холодные или горячие хладагенты (вода, фреоны).

ІВІК

Таблица 1.3.1. Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Теплый	20–22	60–30	0,2
	23–25	60–30	0,3
Холодный и переходные условия	20–22	45–30	0,2

Таблица 1.3.2. Допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне жилых, общественных и административно-бытовых помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Теплый	Не более 28	65	0,5
Холодный и переходные условия	18–22	65	0,2

Таблица 1.3.3. Расчетные температуры, скорость и относительная влажность воздуха на постоянных и непостоянных рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Оптимальные нормы на постоянных и непостоянных рабочих местах			Допустимые нормы				
					температуры, °С			скорости движения воздуха, м/с, не более	относительной влажности воздуха, %
		температура, °С	скорость движения воздуха, м/с, не более	относительная влажность воздуха, %	на всех рабочих местах	на постоянных рабочих местах	на непостоянных рабочих местах	на постоянных и непостоянных рабочих местах	
Теплый	Легкая:				На 4 °С выше расчетной температуры наружного воздуха (параметры А) и не более указанных в гр. 7 и 8				
	Ia	23–25	0,1	40–60		28/31	30/32	0,2	75
	Iа	22–24	0,2			28/31	30/32	0,3	
	Средней тяжести:								
	IIа	21–23	0,3			27/30	29/31	0,4	
	IIб	20–22	0,3			27/30	29/31	0,5	
	Тяжелая:								
	III	18–20	0,4			26/29	28/30	0,6	
Холодный и переходные условия	Легкая:				–				
	Ia	22–24	0,1	40–60		21–25	08–26	0,1	75
	Iа	21–23	0,1			20–24	17–25	0,2	
	Средней тяжести:								
	IIа	18–20	0,2			17–23	15–24	0,3	
	IIб	17–19	0,2			15–21	13–23	0,4	
	Тяжелая:								
	III	16–18	0,3			13–19	13–20	0,5	

Центральные СКВ представляют собой неавтономные кондиционеры, располагаемые вне обслуживаемых помещений, в которых производится подготовка воздуха с последующим его распределением по помещениям с помощью воздуховодов. Современные центральные кондиционеры выпускаются в секционном исполнении из унифицированных типовых модулей.

Местные СКВ выпускаются на базе автономных и неавтономных кондиционеров и устанавливаются в обслуживаемом помещении.

Однозональные СКВ применяются для обслуживания одного помещения с равномерным распределением тепло- и влаговыделений, например, выставочные залы, кинотеатры и пр.

Многозональные СКВ применяются для обслуживания нескольких помещений или помещения с неравномерным распределением тепло- и влаговыделений.

Бытовые кондиционеры предназначены для установки в жилых домах, офисах и аналогичных объектах. Особенностью бытовых кондиционеров является питание от однофазной сети и потребляемая мощность не более 3 кВт. Это та мощность, которую допускают потреблять стандартные электрические розетки, устанавливаемые в жилых и административных помещениях. Как следствие этого, холодо- и теплопроизводительность бытовых кондиционеров не превышает 7 кВт.

Полупромышленные кондиционеры имеют холодопроизводительность от 5 до 150 кВт. Напряжение питания трехфазное. Для моделей с холодопроизводительностью до 7 кВт напряжение питания может быть однофазным.

Промышленные кондиционеры имеют производительность более 30 кВт и предназначаются для установки в производственных и аналогичных помещениях.

IBIK

Раздел 2

Теоретические основы вентиляции и кондиционирования

2.1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Атмосферный воздух представляет собой смесь различных газов и водяного пара. С технической точки зрения смесь этих газов (без водяного пара) допустимо называть "сухой воздух", а атмосферный воздух представлять как смесь сухого воздуха и водяного пара. Количество водяного пара, содержащееся в воздухе, может быть выражено различными способами. В частности, количество влаги можно выразить через:

- упругость, или парциальное давление паров воды;
- абсолютную влажность;
- относительную влажность, или гигрометрический показатель.

Давление атмосферного воздуха ($P_б$) представляет собой сумму парциальных давлений сухого воздуха $P_с$ и водяного пара $P_п$ (закон Дальтона):

$$P_б = P_с + P_п \qquad (2.1.1)$$

Парциальное давление измеряется в Паскалях или миллибарах, 1 мбар = 100 Па.

Если газы могут смешиваться в любых количествах, то воздух может вместить лишь определенное количество водяных паров, потому что парциальное давление паров воды $P_п$ в смеси не может быть больше парциального давления насыщения $P_н$ этих паров при данной температуре. Существование предельного парциального давления насыщения проявляется в том, что все избыточные пары воды сверх этого количества будут конденсироваться. При этом влага может выпадать в виде капель воды, кристаллов льда, тумана или изморози. Наименьшее содержание влаги в воздухе может быть доведено до нуля (при низких температурах), а наибольшее — примерно 3 % по массе или 4 % по объему.

IBIK

Абсолютная влажность — количество пара (кг), содержащееся в одном кубическом метре влажного воздуха:

$$D = \frac{M_п}{L} = \frac{P_п}{RT}, \qquad (2.1.2)$$

где $M_п$ — масса пара, кг;

L — объем влажного воздуха, м³;

$P_п$ — парциальное давление паров воды, мбар;

T — абсолютная температура влажного воздуха, К;

R — газовая постоянная пара, Дж/(кг · К) (газовая постоянная R равна разности значений удельной теплоемкости пара при постоянном давлении и удельной теплоемкости пара при постоянном объеме). Газовая постоянная любого газа равна:

$$R = \frac{8314}{M_М},$$

где $M_М$ — молекулярная масса газа.

Так, молекулярная масса азота (N) равна 12; кислорода (O) — 16; водорода (H) — 1; воды (H_2O) — 18; сухого воздуха — 28,9; влажного воздуха — 18.

Физический смысл газовой постоянной — работа расширения 1 кг идеального газа при повышении его температуры на 1 К и постоянном давлении.

Газовая постоянная сухого воздуха равна 288 Дж/(кг · К), водяного пара — 462 Дж/(кг · К).

Таблица 2.1.1. Основные физические характеристики воздуха при давлении 760 мм рт. ст.

Температура воздуха, °С	1 м³ сухого воздуха			Парциальное давление водяных паров, насыщающих воздух	Содержание водяного пара при полном насыщении		
	масса, кг	взятый при 0 °С образует при t °С объем, м³	взятый при t °С образует при 0 °С объем, м³	мм рт. ст.	в 1 м³ паровоздушной смеси, кг	в 1 кг паровоздушной смеси, кг	в 1 кг сухого воздуха, г
–20	1,396	0,927	1,079	0,94	0,0011	0,0008	0,77
–19	1,39	0,93	1,075	1,015	0,0012	0,0008	0,86
–18	1,385	0,934	1,071	1,116	0,0013	0,0009	0,93
–17	1,379	0,938	1,066	1,207	0,0014	0,001	1,04
–16	1,374	0,941	1,062	1,315	0,0015	0,0011	1,11
–15	1,368	0,945	1,058	1,429	0,0016	0,0012	1,2
–14	1,363	0,949	1,054	1,551	0,0017	0,0013	1,3
–13	1,358	0,952	1,05	1,684	0,0019	0,0014	1,4
–12	1,353	0,956	1,046	1,826	0,002	0,0015	1,5
–11	1,348	0,959	1,042	1,979	0,0022	0,0016	1,65
–10	1,342	0,963	1,038	2,143	0,0023	0,0017	1,79
–9	1,337	0,967	1,034	2,32	0,0025	0,0019	1,93
–8	1,332	0,971	1,03	2,509	0,0027	0,002	2,08
–7	1,327	0,974	1,026	2,712	0,0029	0,0022	2,25
–6	1,322	0,978	1,023	2,928	0,0031	0,0024	2,4
–5	1,317	0,982	1,019	3,158	0,0034	0,0026	2,6

IBIK

Продолжение табл. 2.1.1

Температура воздуха, °С	1 м³ сухого воздуха			Парциальное давление водяных паров, насыщающих воздух	Содержание водяного пара при полном насыщении		
	масса, кг	взятый при 0°С образует при t°С объем, м³	взятый при t°С образует при 0°С объем, м³	мм рт. ст.	в 1 м³ паровоздушной смеси, кг	в 1 кг паровоздушной смеси, кг	в 1 кг сухого воздуха, г
–4	1,312	0,985	1,015	3,404	0,0036	0,0028	2,80
–3	1,308	0,989	1,011	3,669	0,0039	0,0030	3,10
–2	1,303	0,993	1,007	3,952	0,0042	0,0032	3,28
–1	1,298	0,996	1,004	4,256	0,0045	0,0035	3,58
0	1,293	1,000	1,000	4,579	0,0049	0,0038	3,80
+1	1,288	1,004	0,996	4,926	0,0052	0,0041	4,15
2	1,284	1,007	0,993	5,294	0,0056	0,0043	4,48
3	1,279	1,011	0,989	5,685	0,0060	0,0047	4,77
4	1,275	1,015	0,986	6,101	0,0064	0,0050	5,10
5	1,270	1,018	0,982	6,534	0,0068	0,0054	5,40
6	1,265	1,022	0,979	7,013	0,0073	0,0057	5,78
7	1,261	1,026	0,975	7,513	0,0077	0,0061	6,21
8	1,256	1,029	0,972	8,045	0,0083	0,0066	6,65
9	1,252	1,033	0,968	8,609	0,0088	0,0070	7,13
10	1,248	1,037	0,965	9,209	0,0094	0,0075	7,64
11	1,243	1,040	0,961	9,844	0,0100	0,0080	8,15
12	1,239	1,044	0,958	10,518	0,0107	0,0086	8,75
13	1,235	1,048	0,955	11,231	0,0113	0,0092	9,35
14	1,230	1,051	0,951	11,987	0,0121	0,0098	9,97
15	1,226	1,055	0,948	12,788	0,0128	0,0105	10,62
16	1,222	1,059	0,945	13,634	0,0136	0,0112	11,40
17	1,217	1,062	0,941	14,530	0,0145	0,0119	12,11
18	1,213	1,066	0,938	15,477	0,0154	0,0127	12,93
19	1,209	1,070	0,935	16,477	0,0163	0,0135	13,80
20	1,205	1,073	0,932	17,533	0,0173	0,0144	14,71
21	1,201	1,077	0,929	18,650	0,0183	0,0153	15,60
22	1,197	1,081	0,925	19,827	0,0194	0,0163	16,80
23	1,193	1,084	0,922	21,068	0,0206	0,0173	17,70
24	1,189	1,088	0,919	22,377	0,0218	0,0184	18,81
25	1,185	1,092	0,916	23,756	0,0230	0,0195	20,10
26	1,181	1,095	0,913	25,209	0,0244	0,0207	21,40
27	1,177	1,099	0,910	26,739	0,0258	0,0220	22,65
28	1,173	1,103	0,907	28,349	0,0272	0,0234	24,00
29	1,169	1,106	0,904	30,043	0,0288	0,0248	25,60
30	1,165	1,110	0,901	31,824	0,0304	0,0263	27,23
31	1,161	1,114	0,989	33,965	0,0320	0,0278	28,80
32	1,157	1,117	0,895	35,663	0,0338	0,0295	30,61
33	1,154	1,121	0,892	37,729	0,0357	0,0312	32,50
34	1,150	1,125	0,889	39,898	0,0376	0,0331	34,43
35	1,146	1,128	0,886	42,175	0,0396	0,0350	36,63
36	1,142	1,132	0,884	44,563	0,0417	0,0370	38,08
37	1,139	1,136	0,881	47,067	0,0439	0,0392	41,10
38	1,135	1,139	0,878	49,692	0,0462	0,0414	43,55
39	1,132	1,148	0,875	52,442	0,0486	0,0438	46,10
40	1,128	1,147	0,872	55,324	0,0511	0,0463	49,00
41	1,124	1,150	0,869	58,340	0,0538	0,0489	51,70
42	1,121	1,154	0,867	61,500	0,0565	0,0516	54,80
43	1,117	1,158	0,864	64,800	0,0594	0,0545	58,00
44	1,114	1,161	0,861	68,260	0,0623	0,0575	61,31
45	1,110	1,165	0,858	71,880	0,0654	0,0607	65,26
46	1,107	1,169	0,856	75,650	0,0687	0,0640	68,91
47	1,103	1,172	0,853	79,600	0,0720	0,0675	72,80
48	1,100	1,176	0,850	83,710	0,0756	0,0711	77,00
49	1,096	1,180	0,848	88,020	0,0792	0,0750	81,51
50	1,093	1,183	0,845	92,510	0,0831	0,0790	86,69

IBIK

При изменении температуры влажного воздуха и постоянном давлении изменяется его объем и величина абсолютной влажности и, наоборот, при одной и той же величине абсолютной влажности могут быть разные температура и относительная влажность. Так, абсолютная влажность 4,1 г/м^3 может быть у влажного воздуха с температурой 11 °С и относительной влажностью 60 %, а также при температуре 22 °С и относительной влажности 30 %.

Поэтому для практических расчетов за единицу измерения, характеризующую содержание пара во влажном воздухе, принимается влагосодержание.

Влагосодержание влажного воздуха (d) — количество пара, содержащееся в объеме влажного воздуха, состоящего из 1 кг сухого воздуха и $M_п$ (г) пара:

$$d = \frac{M_п}{M_с} \cdot 1000 \quad \text{или} \quad d = 622 \frac{P_п}{P_б - P_п}, \qquad (2.1.3)$$

где $M_с$ — масса сухой части влажного воздуха, кг.

Относительной влажностью (φ'), или степенью влажности, или гигрометрическим показателем, называют отношение парциального давления паров воды к парциальному давлению насыщенных паров, выраженное в процентах:

$$\varphi' = \frac{P_п}{P_в} \cdot 100\%. \qquad (2.1.4)$$

Для практических расчетов используют соотношение:

$$\varphi = \frac{d}{d_в} \cdot 100\% \text{ , но } \varphi' \neq \varphi. \qquad (2.1.5)$$

Относительную влажность можно определить, измеряя интенсивность испарения воды. Естественно, чем ниже влажность, тем активнее будет идти испарение влаги. Если термометр обмотать влажной тканью, то показания термометра будут уменьшаться относительно сухого термометра. Разность показаний температур сухого и влажного термометров дают определенное значение степени влажности атмосферного воздуха.

Расчет влажности производится по приближенной формуле Струнга (Strung):

$$P_п = P_{п\cdot вл} - K(t_с - t_{вл}), \qquad (2.1.6)$$

где $P_п$ — парциальное давление паров воды, мбар;

$P_{п\cdot вл}$ — парциальное давление паров воды для температуры по влажному термометру, мбар;

K — константа для пары "вода–воздух", равная 0,66;

t_c — температура по сухому термометру, °С;

$t_{вл}$ — температура по влажному термометру, °С.

Значение относительной влажности может быть также определено по психрометрической номограмме или психрометрической таблице.

Измерение парциальных давлений на практике связано с техническими трудностями, поэтому пользуются соотношением (2.1.5). При этом следует помнить, что $\varphi' \neq \varphi$, хотя их разность незначительна. Например, если температура воздуха в помещении 18 °С и влагосодержание $d = 8$ г/кг, парциальное давление $P_п = 9{,}65$ мм рт. ст., то относительная влажность равна:

$$\varphi' = \frac{P_п}{P_н} \cdot 100 = \frac{9{,}65}{15{,}48} \cdot 100 = 62{,}34\%,$$

а по уравнению (2.1.5):

$$\varphi = \frac{d}{d_н} \cdot 100 = \frac{8{,}0}{12{,}9} \cdot 100 = 62\%.$$

Плотность (объемный вес) влажного воздуха — вес 1 м³ влажного воздуха — может быть определен по формуле:

$$\gamma = 1{,}293 \cdot \frac{273}{T}\left(\frac{P_б}{760} - 0{,}378\frac{P_п}{760}\right), \text{ кг/м}^3. \qquad (2.1.7)$$

Объемный вес влажного воздуха меньше объемного веса сухого воздуха при тех же значениях температуры и давления. Однако их разность незначительна, и в практических расчетах объемный вес влажного воздуха принимается равным объемному весу сухого воздуха. Так, объемный вес насыщенного воздуха при t = 20 °С и $P_б$ = 760 мм рт. ст. составляет 1,178 кг/м³, а сухого воздуха при тех же условиях — 1,205 кг/м³.

Удельная теплоемкость воздуха (c) — это количество тепла, необходимое для нагревания 1 кг воздуха на 1 К. Удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном давлении зависит от температуры, однако для практических расчетов систем СКВ удельную теплоемкость как сухого, так и влажного воздуха считают равной:

$$c = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)} = 0{,}24 \text{ ккал/(кг} \cdot \text{К)} = 0{,}335 \text{ Вт/(кг} \cdot \text{К)}. \qquad (2.1.8)$$

Удельную теплоемкость водяного пара принимают равной 0,44 ккал/(кг · К).

Сухое или **явное тепло** — тепло, которое добавляется или отводится от воздуха без изменения агрегатного состояния пара (изменяется только температура).

IBIK

Скрытое тепло — тепло, идущее на изменение агрегатного состояния пара без изменения температуры (например, осушка).

Энтальпия (теплосодержание) влажного воздуха ($I_в$) — это количество тепла, которое содержится в объеме влажного воздуха, сухая часть которого весит 1 кг. Иначе, это количество теплоты, которое необходимо для нагревания от нуля до данной температуры такого количества воздуха, сухая часть которого равна 1 кг.

Энтальпия сухого воздуха равна:

$$I_{св} = ct = 0{,}24\ t,\ \text{ккал/кг}, \qquad (2.1.9)$$

где c — удельная теплоемкость воздуха, равная 0,24 ккал/(кг · К).

Энтальпия 1 кг водяного пара равна:

$$I_{вп} = 597{,}3 + 0{,}44\ t,\ \text{ккал/кг}, \qquad (2.1.10)$$

где 597,3 — скрытая теплота испарения 1 кг воды при температуре нуль градусов, ккал/кг;

0,44 — теплоемкость водяного пара, ккал/(кг · К).

При температуре влажного воздуха t и влагосодержании d энтальпия равна:

$$I = 0{,}24\ t + (597{,}3 + 0{,}44\ t)\frac{d}{1000},\ \text{ккал/кг}, \qquad (2.1.11)$$

где $d = \frac{\varphi}{100} \cdot d_н$, г/кг.

Пример. Определить энтальпию влажного воздуха при t =20 °С, φ= 60 % и $P_б$ = 745 мм рт. ст.

Решение. Находим упругость насыщенных водяных паров при заданных условиях (табл. 2.1.1):

$P_н$ = 17,533 мм рт. ст.

Парциальное давление водяных паров найдем из соотношения:

$$\varphi = \frac{P_п}{P_н} \cdot 100\%,$$

откуда

$$P_п = \frac{P_н \cdot \varphi}{100} \cdot \frac{P_б}{760} = 17{,}533 \cdot \frac{60}{100} \cdot \frac{745}{760} = 10{,}31 \text{ мм рт. ст.}$$

Определяем влагосодержание влажного воздуха:

$$d = 622 \cdot \frac{P_п}{P_б - P_п} = 622 \cdot \frac{10{,}31}{745 - 10{,}31} = 8{,}73 \text{ г/кг.}$$

Определяем энтальпию влажного воздуха:

$I = 0{,}24\ t + 0{,}5973d + 0{,}00044\ t \cdot d = 4{,}8 + 5{,}21 +$

$+ 0{,}076 = 10{,}08$ ккал/кг.

IBIK

Из приведенного примера видно, что скрытая теплота испарения водяных паров (5,21 ккал/кг) составляет значительную часть тепла, а теплоемкостью водяного пара практически можно пренебречь. Поэтому при решении практических задач энтальпию влажного воздуха можно определять по приближенному выражению:

$$I = 0{,}24\,t + 0{,}6\,d. \qquad (2.1.12)$$

При нагревании или охлаждении влажного воздуха происходит изменение его температуры и энтальпии, но сохраняется влагосодержание. Относительная влажность при этом изменяется, так как изменяется его влагоемкость.

Если влажный воздух охлаждать при неизменном влагосодержании, то будет снижаться энтальпия и температура, а относительная влажность будет увеличиваться. Наступит момент, когда воздух станет насыщенным и его относительная влажность будет равна 100 %. При дальнейшем охлаждении воздуха начнется испарение из воздуха влаги в виде росы — ***конденсация пара***. Эта температура называется ***точкой росы***. Точка росы для различных температур сухого воздуха и относительной влажности приведена в таблице 2.1.2.

Таблица 2.1.2. Таблица точки росы влажного воздуха

t, °C	Относительная влажность, %										
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Точка росы, °C										
0	−9,2	−8,2	−6,5	−5,7	−4,9	−3,7	−3,0	+2,2	+1,5	+0,6	0
+2	−7,1	−5,7	−4,8	−3,7	−2,5	−1,9	−0,9	0	+0,9	+1,5	+2
+4	−5,3	−4,1	−2,9	−1,9	−0,9	0	+0,9	+1,8	+2,4	+3,2	+4
+6	−3,7	−2,2	−1,3	0	+0,9	+1,8	+2,9	+3,8	+4,5	+5,1	+6
+8	−1,9	+0,5	+0,6	+1,8	+2,7	+3,8	+4,5	+5,5	+6,4	+7,2	+8
+10	0	+1,5	+2,5	+3,7	+4,5	+5,8	+6,8	+7,6	+8,5	+9,2	+10
+12	+2	+3,2	+4,3	+5,5	+6,8	+7,8	+8,5	+9,6	+10,5	+11,3	+12
+14	+3,7	+4,8	+6,2	+7,4	+8,5	+9,6	+10,5	+11,4	+12,3	+13,1	+14
+16	+5,6	+7	+8,3	+9,4	+10,5	+11,6	+12,6	+13,5	+14,4	+15,2	+16
+18	+7,4	+8,9	+10	+11,3	+12,4	+13,5	+14,6	+15,5	+16,5	+17,2	+18
+20	+9,2	+10,5	+11,9	+13,1	+14,4	+15,5	+16,5	+17,4	+18,3	+19,2	+20

Точка росы является пределом возможного охлаждения влажного воздуха при неизменном влагосодержании. Для определения точки росы необходимо найти такую температуру, при которой влагосодержание воздуха d будет равно его влагоемкости $d_н$.

IBIK

Пример. Температура в помещении — +23 °С, относительная влажность — 60 %. Определить, до какой температуры могут охлаждаться стены помещения в зимний период, чтобы на стенах не выделялась влага.

Решение. Для решения задачи необходимо найти точку росы при заданных условиях. Находим влагосодержание воздуха в помещении:

$$d = \frac{\varphi}{100} \cdot d_{\text{н}} = \frac{60}{100} \cdot 17{,}9 = 10{,}8 \text{ г/кг}.$$

Величину $d_{\text{н}}$ находим по таблице физических характеристик влажного воздуха (таблица 2.1.1).

Условие конденсации (точка росы) $d = d_{\text{н}}$. По этой же таблице находим температуру, при которой $d_{\text{н}} = 10{,}8$ г/кг. Эта температура $t_{\text{р}} = 15{,}2$ °С. То есть при температуре в помещении ниже 15,2 °С на стенах будет выделяться влага.

2.2. РАСЧЕТ ВОЗДУХООБМЕНА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Необходимый воздухообмен в помещении может быть определен по нормативным требованиям содержания тепла, влаги и газов в помещении.

Если воздух объемом L_1 с параметрами t_1, d_1, I_1 смешивать с воздухом объемом L_2 и параметрами t_2, d_2, I_2, то параметры воздушной смеси можно определить по следующим формулам:

$$I_{\text{см}} = \frac{L_1 I_1 + L_2 I_2}{L_1 + L_2}, \qquad (2.2.1)$$

$$d_{\text{см}} = \frac{L_1 d_1 + L_2 d_2}{L_1 + L_2}, \qquad (2.2.2)$$

$$t_{\text{см}} = \frac{L_1 t_1 + L_2 t_2}{L_1 + L_2}. \qquad (2.2.3)$$

Расчет воздухообмена по влаговыделениям

Если в помещении выделяется влага W (г/ч), а исходная влажность в помещении d, то чтобы удалить выделяемую влагу (сохранить постоянную влажность), необходимо продувать помещение

IBIK

приточным воздухом с влажностью $d_{пр}$ объемом:

$$L_{вл} = \frac{W}{\gamma(d - d_{пр})}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.2.4)$$

Расчет воздухообмена по теплопритокам

Чтобы убрать теплопритоки, выделяемые в помещении, потребуется подача приточной вентиляцией воздуха в количестве:

$$L_т = \frac{Q_{изб}}{\gamma c(t - t_{пр})}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.2.5)$$

где $Q_{изб}$ — избыточные теплопритоки в помещении, ккал/ч;

t — температура в помещении, °С;

$t_{пр}$ — температура приточного воздуха, °С;

c — удельная теплоемкость воздуха, равная 0,24 ккал/(кг·К).

γ — удельный вес приточного воздуха, кг/м^3;

Расчет воздухообмена по газовыделениям

Если в помещении выделяются газы и удаление их осуществляется продувкой свежего воздуха, то необходимое количество воздуха определяется по формуле:

$$L_г = \frac{G}{в_д - в_{пр}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2.2.6)$$

где G — газовыделение в помещении, л/ч;

$в_д$ — предельно допустимое содержание газа в удаляемом воздухе, л/м^3;

$в_{пр}$ — содержание газа в приточном воздухе, л/м^3.

Чтобы сохранить в помещении заданную температуру и влажность, необходимо выполнить условие:

$$\frac{W}{d - d_{пр}} = \frac{Q_{изб}}{c(t - t_{пр})}. \quad (2.2.7)$$

То есть, зная величины теплопритока в помещение $Q_{изб}$ и количество выделяемой влаги, изменяя параметры приточного воздуха $d_{пр}$ и $t_{пр}$, можно обеспечить стабильные параметры воздуха в помещении. Это уравнение теплосодержания влажного воздуха является основным при расчете систем вентиляции.

Необходимую тепло- и холодопроизводительность СКВ можно определить по формулам:

$$Q = m\,(I_2 - I_1), \text{ ккал/ч}; \quad (2.2.8)$$

IBIK

$$Q = \frac{\gamma \cdot L(I_2 - I_1)}{860}, \text{ кВт}, \qquad (2.2.9)$$

где I_1, I_2 — энтальпия начального и конечного состояния воздуха, ккал/кг;

L — расход воздуха, м³/ч;

γ — удельный вес воздуха, кг/м³;

1 кВт = 860 ккал/ч.

Количество конденсата ($W_к$), выделившееся из воздуха при работе СКВ, определяется по формуле:

$$W_к = \gamma \cdot L(d_н - d_к)\frac{1}{1000}, \text{ кг/ч}, \qquad (2.2.10)$$

где $d_н$, $d_к$ — начальное и конечное влагосодержание воздуха, г/кг.

2.3. *I-d* ДИАГРАММА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Для облегчения расчетов уравнение теплосодержания влажного воздуха (2.1.11) представляют в виде графика, получившего название *I-d* диаграмма.

В 1918 г. профессор Петербургского университета Рамзин Л. К. предложил *I-d* диаграмму, на которой однозначно отражается связь между параметрами влажного воздуха t, d, I, φ при определенном атмосферном давлении $P_б$.

При помощи *I-d* диаграммы графическим методом просто решаются задачи, решение которых аналитическим путем требует хотя простых, но кропотливых вычислений.

В технической литературе встречаются различные интерпретации этой диаграммы, которые имеют незначительные отличия от *I-d* диаграммы Рамзина. Это, например, диаграмма Молье (Mollier), диаграмма Кэриер (Carrier) (рис. 2.3.1 приводится в оригинале), опубликованная Американским обществом по отоплению, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE), диаграмма Французской ассоциации инженеров в области искусственного климата, вентиляции и холода (AICVF). Последняя диаграмма очень точная, выполнена трехцветной печатью.

Однако в нашей стране была распространена и используется в настоящее время, как правило, диаграмма Рамзина. Она имеется во многих учебниках, её используют проектные организации. Поэтому и нами она взята за основу.

IBIK

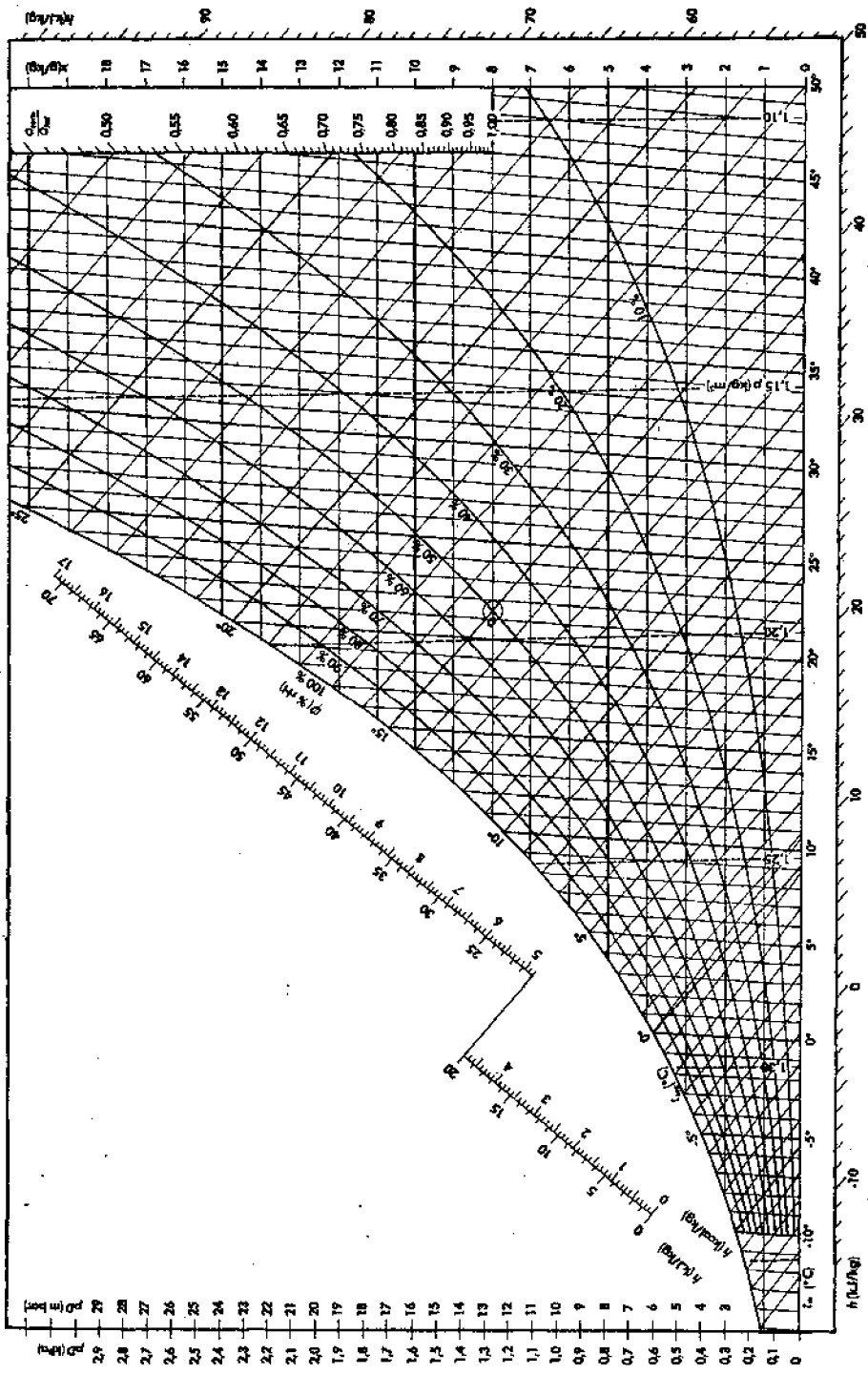


Рис. 2.3.1. Диаграмма влажного воздуха ASHRAE (Carrier)

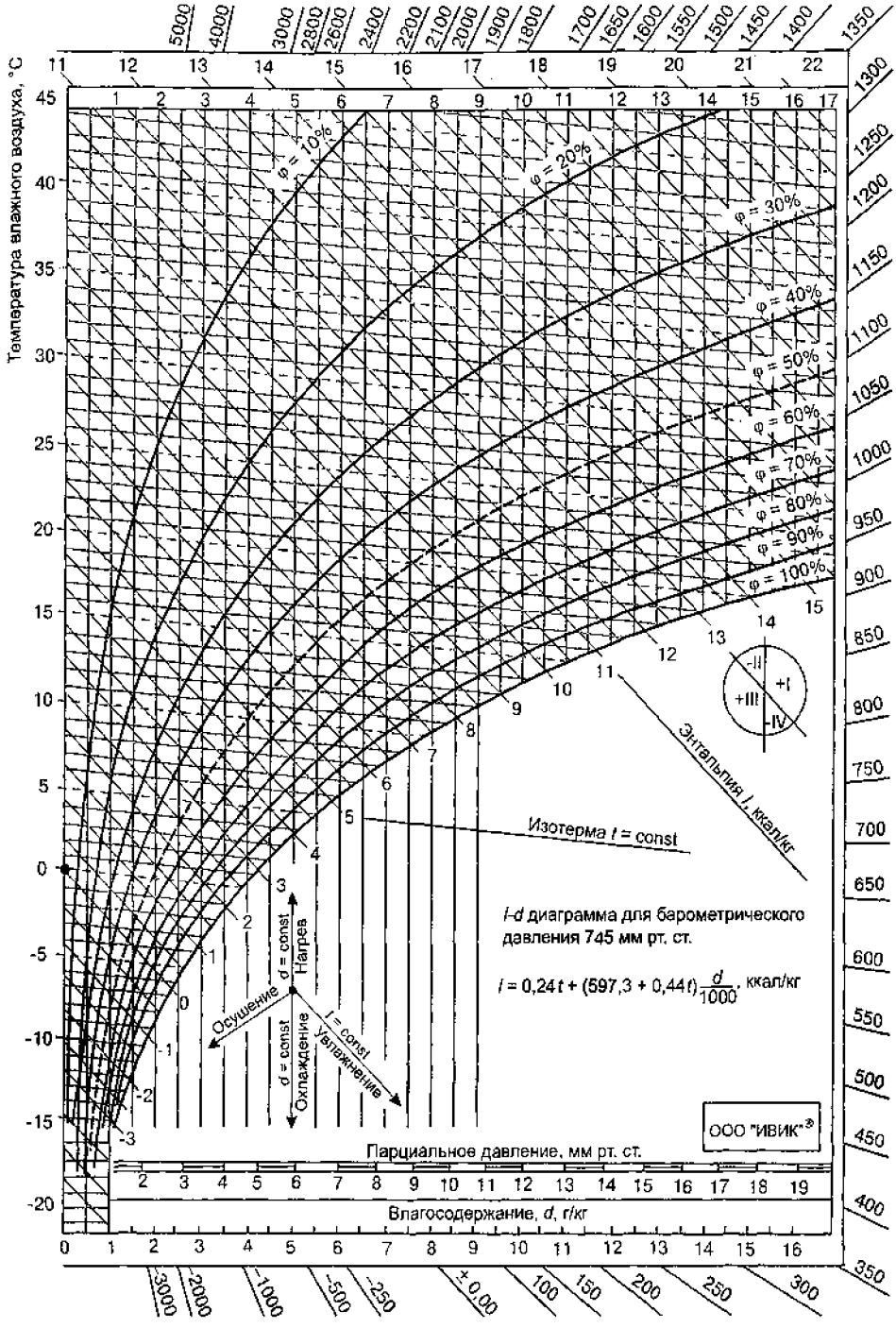


Рис. 2.3.2. *I-d* диаграмма для барометрического давления 745 мм рт. ст. (энтальпия выражена в ккал/кг)

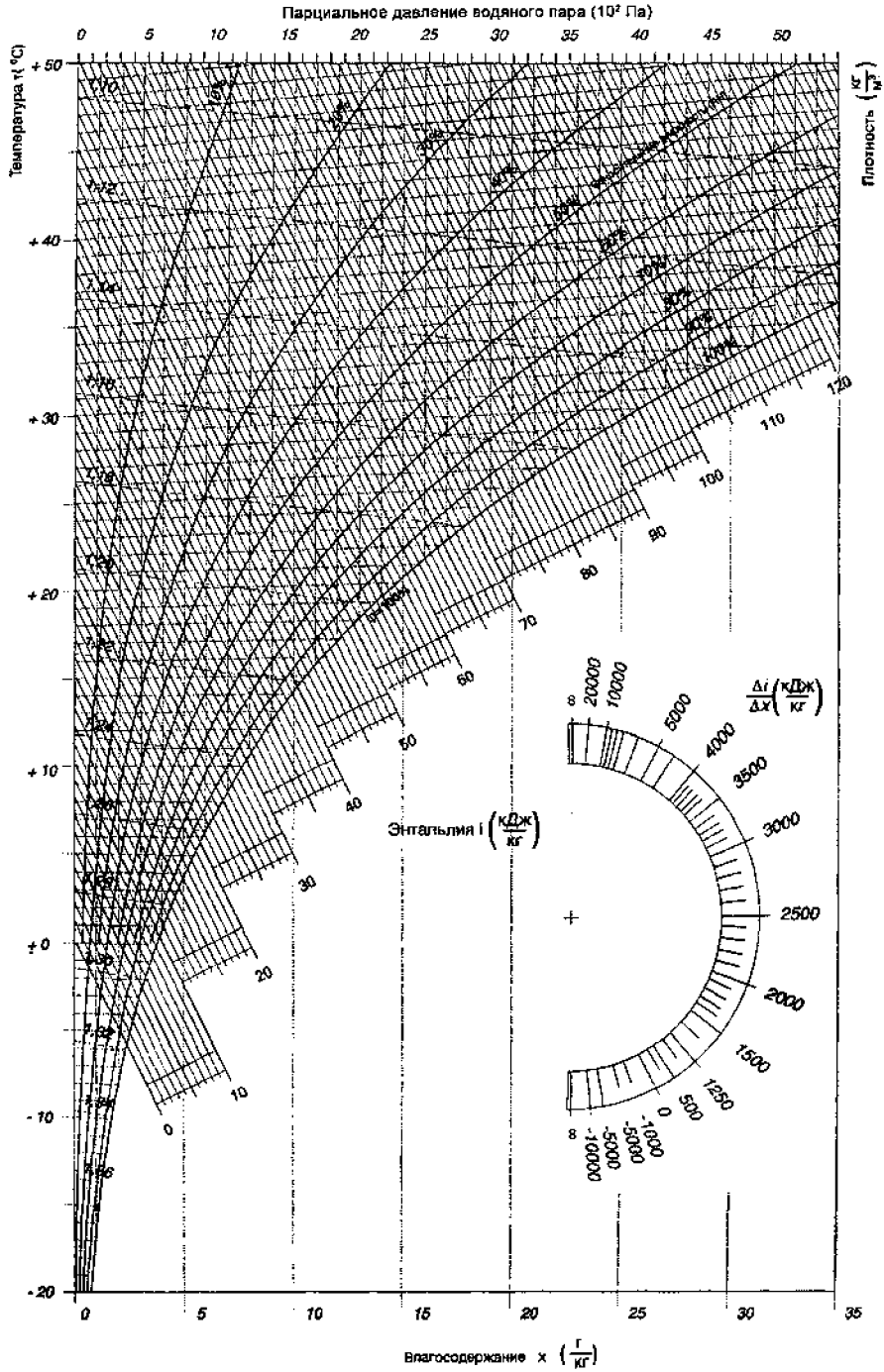


Рис. 2.3.3. *I-d* диаграмма для барометрического давления 760 мм рт. ст. (энтальпия выражена в кДж/кг) [1]

На рис. 2.3.2 приведена *I-d* диаграмма для барометрического давления 745 мм рт. ст., энтальпия выражена в ккал/кг. Опубликованы *I-d* диаграммы, где энтальпия выражена в кДж/кг (рис. 2.3.3). [1]

Диаграмму влажного воздуха ASHRAE легко преобразовать в диаграмму Рамзина. Для этого ее необходимо повернуть на 90° против часовой стрелки и приложить лист стороной с изображением на стекло, чтобы видеть ее на просвет.

I-d диаграмма Рамзина построена в косоугольной системе координат. По оси ординат откладываются значения энтальпии *I*, а по оси абсцисс, расположенной под углом 135° к оси ординат, откладывается влагосодержание *d*. Начало координат (точка 0) соответствует значениям $I = d = 0$. Ниже точки 0 откладываются отрицательные значения энтальпии, выше — положительные. На полученной таким образом сетке строятся линии изотерм t = const, линии постоянных относительных влажностей φ = const, парциального давления водяного пара и влагосодержания.

Нижняя кривая φ = 100 % характеризует насыщенное состояние воздуха и называется ***пограничной кривой***. При повышении барометрического давления линия насыщения смещается вверх, а при понижении давления — вниз. В приложении 2 приведены климатические данные для различных районов. Так, при проведении расчетов для СКВ, расположенных в районе г. Киева, необходимо пользоваться диаграммой с барометрическим давлением $P_б$ = 745 мм рт. ст.

На *I-d* диаграмме область, расположенная выше пограничной кривой (φ = 100 %), является ***областью ненасыщенного пара***, а ниже пограничной кривой — ***областью перенасыщенного влажного воздуха***. В этой области насыщенный воздух содержит влагу в жидкой или твердой фазе. Как правило, эта область не интересует проектировщиков СКВ, поэтому на *I-d* диаграмме ее не строят.

На *I-d* диаграмме каждая точка выше пограничной кривой отражает определенное состояние воздуха (температуру, влагосодержание, относительную влажность, энтальпию, парциальное давление водяного пара). Если воздух подвергается термодинамическому процессу, то переход его из одного состояния (точка *A*) в другое (точка *B*) соответствует на *I-d* диаграмме линии *AB*.

2.3.1. ПРОЦЕСС НАГРЕВАНИЯ ВОЗДУХА НА *I-d* ДИАГРАММЕ

При нагревании воздуха линия термодинамического процесса проходит по прямой *AB* (рис. 2.3.4) с постоянным влагосодержанием (d = const). Температура воздуха и энтальпия увеличиваются, а относительная влажность уменьшается. Расход тепла

IBIK

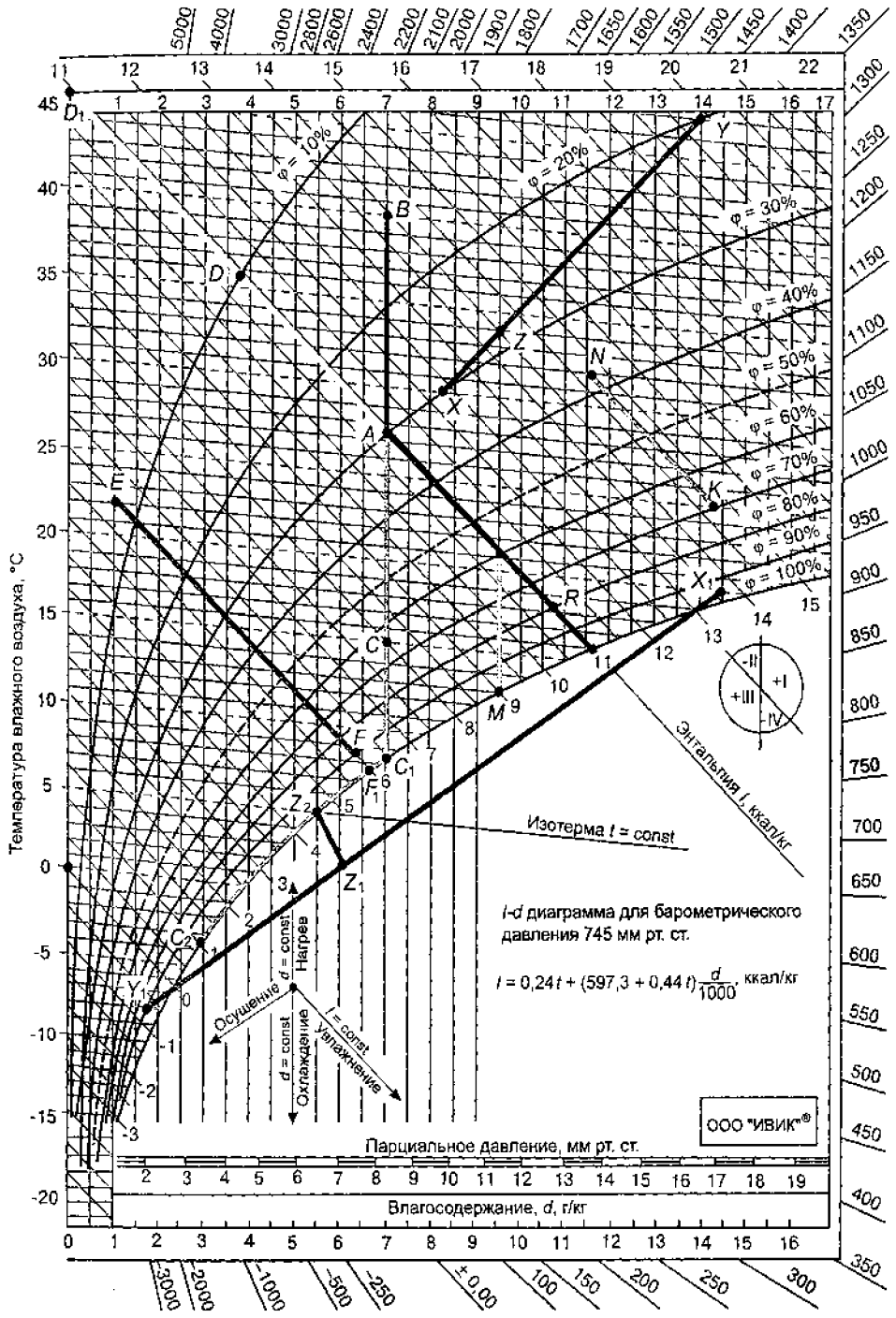


Рис. 2.3.4. Примеры решения задач с помощью *I-d* диаграммы

на нагрев воздуха равен разности энтальпий конечного и начального состояний воздуха.

Пример. Требуется воздух с расходом L = 10 000 м³/ч с начальной температурой $t_н$ = 27,5 °С и относительной влажностью $\varphi_н$ = 30 %, проходящий через калорифер, нагреть до 40 °С.
Определить необходимую мощность калорифера и конечные параметры воздуха.

Решение. На *I-d* диаграмме из точки *A* с параметрами $t_н$ = 27,5 °С и $\varphi_н$ = 30 % проводим вертикально вверх прямую до точки *B* с температурой 40 °С. В точке *A* энтальпия равна 11 ккал/кг, а в точке *B* – 14 ккал/кг. Относительная влажность уменьшится в точке *B* до φ_B=16 %.
Расход тепла в калорифере составит:
$Q = \gamma L(I_в - I_а) = 1{,}173 \cdot 10\,000\,(14–11) = 35\,190$ ккал/ч;
где γ – объемный вес воздуха при t = 28 °С, равный 1,173 кг/м³.
Электрическая мощность калорифера должна быть $P = Q/860 = 40{,}9$ кВт.

2.3.2. ПРОЦЕСС ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА НА *I-d* ДИАГРАММЕ

Процесс охлаждения воздуха на *I-d* диаграмме отражается прямой, направленной вертикально вниз (прямая *AC*, рис. 2.3.4). Расчет производится аналогично процессу нагревания. Однако если линия охлаждения идет ниже линии насыщения, то процесс охлаждения пойдет по прямой *AC* и далее по линии φ = 100 % от точки C_1 до точки C_2. Параметры точки C_2: I = 1,0 ккал/кг; d = 3,0 г/кг; t = –3,5 °С.

Чтобы охладить воздух объемом L = 10 000 м³/ч (как в предыдущем примере), необходима холодильная машина с производительностью:

$$Q = 1{,}173 \cdot 10\,000\,(11–1{,}0)\,\frac{1}{860} = 136{,}4 \text{ кВт}.$$

Точка C_1 характеризует предел возможного охлаждения воздуха при d = const и φ = 100 %. Это точка росы, в которой влагоемкость равна влагосодержанию $d = d_н$.

Охлаждение воздуха вызывает частичную конденсацию пара и влагосодержание будет снижаться от d_1 = 7,0 г/кг до d_2 = 3,0 г/кг. Следовательно, при охлаждении за каждый час выделится количество влаги:

$$M_в = \gamma \cdot L\,(d_1 - d_2) = 1{,}173 \cdot 10\,000\,(7{,}0 - 3{,}0)\,\frac{1}{1000} = 46{,}92 \text{ кг/ч}.$$

IBIK

Пример. Влажный воздух имест температуру 21 °С и относитель ную влажность 60 %. Определить температуру точки росы и температуру влажного термометра.

Решение. На *I-d* диаграмме находим точку с указанными параметрами. По вертикали с параметрами d = 9,5 г/кг двигаемся вниз до пересечения с кривой φ = 100 % (точка *M*, рис. 2.3.4), где находим температуру точки росы $t_р$ = 13,2 °С. Для нахождения температуры влажного термометра от исходной точки двигаемся по линии адиабаты I = 11,0 ккал/кг до пересечения с кривой φ = 100 %, где находим $t_{вл}$ = 16 °С.

2.3.3. ПРОЦЕСС ОСУШКИ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА НА *I-d* ДИАГРАММЕ

Осушка влажного воздуха абсорбентами без изменения теплосодержания (без отвода и подвода тепла) происходит по прямой I = const, то есть по прямой *AD*, направленной вверх и влево (рис. 2.3.4). При этом влагосодержание и относительная влажность снижаются, а температура воздуха возрастает, так как в процессе абсорбции происходит конденсация пара на поверхности абсорбента и освобожденная скрытая теплота пара переходит в тепло явное. Пределом этого процесса является точка пересечения прямой I = const с ординатой d = 0 (точка D_1). Воздух в этой точке полностью освобожден от влаги.

Пример. В помещении выделяется $M_в$ = 2 кг/ч влаги. Для удаления влаги подается рециркуляционный воздух объемом 620 м³/ч. Из помещения удаляется воздух с параметрами $t_к$ = 25 °С, $φ_к$ = 70 %. Необходимо определить параметры рециркуляционного воздуха.

Решение. Находим точку *K* (рис. 2.3.4) на *I-d* диаграмме с параметрами удаляемого воздуха и определяем его влагосодержание $d_к$ = 14,3 г/кг. Процесс адиабатической осушки будет проходить по линии I = const = 14,7 ккал/кг. Каждый килограмм рециркуляционного воздуха должен поглотить в помещении влаги:

$$\Delta d = \frac{M_в \cdot 1000}{\gamma \cdot L} = \frac{2{,}0 \cdot 1000}{1{,}2 \cdot 620} = 2{,}7 \text{ г/кг.}$$

В помещении влагосодержание составит:
$d_п = d_к - \Delta d$ = 14,3 – 2,7 = 11,6 г/кг.

Находим точку *N* на пересечении линий I_N = 14,7 ккал/кг и d_N = 11,6 г/кг.

Отсюда параметры рециркуляционного воздуха (точка *N*) следующие:
t_N = 32 °С и $φ_N$ = 37 %.

IBIK

2.3.4. АДИАБАТИЧЕСКОЕ УВЛАЖНЕНИЕ И ОХЛАЖДЕНИЕ НА *I-d* ДИАГРАММЕ

Адиабатическое увлажнение и охлаждение (без теплообмена с внешней средой) на *I-d* диаграмме от исходного состояния (точка *A*) отражается прямой, направленной вниз по I = const (точка *R*, рис. 2.3.4). Процесс происходит при контакте воздуха с водой, постоянно циркулирующей в оборотном цикле. Температура воздуха при этом падает, влагосодержание и относительная влажность возрастают. Пределом процесса является точка на кривой φ = 100 %, которая является температурой влажного термометра. Одновременно эту же температуру должна приобрести рециркулирующая вода. Однако в реальных СКВ при адиабатических процессах охлаждения и увлажнения воздуха точка φ = 100 % несколько не достигается.

Пример. Воздух в количестве L = 10 000 м³/ч с параметрами t = 22 °С и d = 1,0 г/кг (точка *E*) увлажняется в адиабатической камере орошения оборотной рециркулирующей водой до φ = 90 %. Определить параметры увлажненного воздуха, количество испарившейся воды, которую нужно добавить в оборотный цикл, и температуру влажного термометра.

Решение. На *I-d* диаграмме (рис. 2.3.4) находим точку *E* и проводим адиабату I_E = const = 6,0 ккал/кг до пересечения с кривой φ = 90 % (точка *F*). Параметры точки *F*: t_F = 8,8 °С, d_F = 6,4 г/кг.

Количество испарившейся воды в час:

$$W = \gamma \cdot L \cdot \Delta d \frac{1}{1000} = 1,2 \cdot 10\,000(6,4 - 1,0)\frac{1}{1000} = 64,8 \text{ кг/ч.}$$

Точка F_1 соответствует температуре влажного термометра $t_{вл}$ = 7,8 °С.

2.3.5. СМЕШЕНИЕ ВОЗДУХА С РАЗЛИЧНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА *I-d* ДИАГРАММЕ

Если требуется смешать G_x кг воздуха с параметрами t_x, d_x, I_x и G_y кг воздуха с параметрами t_y, d_y, I_y, то аналитически параметры смешанного воздуха могут быть получены по формулам (2.2.1), (2.2.2) и (2.2.3).

На *I-d* диаграмме параметры смешанного воздуха можно получить следующим образом.

IBIK

Соединяем точки X и Y прямой (рис. 2.3.4). Параметры смешанного воздуха лежат на этой прямой, и точка Z делит ее на отрезки, обратно пропорциональные массе воздуха каждой из составных частей. Если обозначить пропорцию смеси $n = G_x/G_y$, то, чтобы на прямой XY найти точку Z, необходимо прямую XY разделить на количество частей $n + 1$ и от точки X отложить отрезок, равный одной части. Точка смеси всегда будет ближе к параметрам того воздуха, сухая часть которого имеет большую массу.

При смешивании двух объемов ненасыщенного воздуха с состояниями, соответствующими точкам X_1 и Y_1, может случиться, что прямая X_1Y_1 пересечет кривую насыщения $\varphi = 100$ % и точка Z_1 окажется в области туманообразования. Такое положение точки смеси Z_1 показывает, что в результате смешения будет происходить выпадение влаги из воздуха. Точка смеси Z_1 при этом перейдет в более устойчивое состояние на кривую насыщения $\varphi = 100$ % в точку Z_2. При этом на каждый килограмм смеси выпадает $d_{Z2} - d_{Z1}$ грамм влаги.

Пример. Наружный воздух с параметрами $t_{y1} = -7{,}0$ °С; $I_{y1} = -0{,}75$ ккал/кг смешивается с воздухом после камеры орошения с параметрами $t_{x1} = 20$ °С и $\varphi_{x1} = 95$ %. Определить параметры смеси в точке Z_1, если наружного воздуха в 2 раза больше, чем воздуха после камеры орошения.

Решение. На I-d диаграмме находим точку Y_1, соответствующую параметрам наружного воздуха, и точку, соответствующую параметрам воздуха после камеры орошения X_1. На I-d диаграмме наносим прямую X_1Y_1. Длина ее 150 мм. При смешивании будет проходить частичная конденсация пара из воздуха в виде тумана и росы, а воздух будет насыщенным. Для определения фактических параметров смеси необходимо на кривой $\varphi = 100$ % отыскать точку Z_2, которая удовлетворяла бы уравнению

$$\frac{Y_1Z_2}{Z_2X_1} = \frac{1}{2}.$$

Из I-d диаграммы определяем:

$I_{Z2} = 4{,}6$ ккал/кг; $d_{Z2} = 5{,}6$ г/кг; $t_{Z2} = 5$ °С.

IBIK

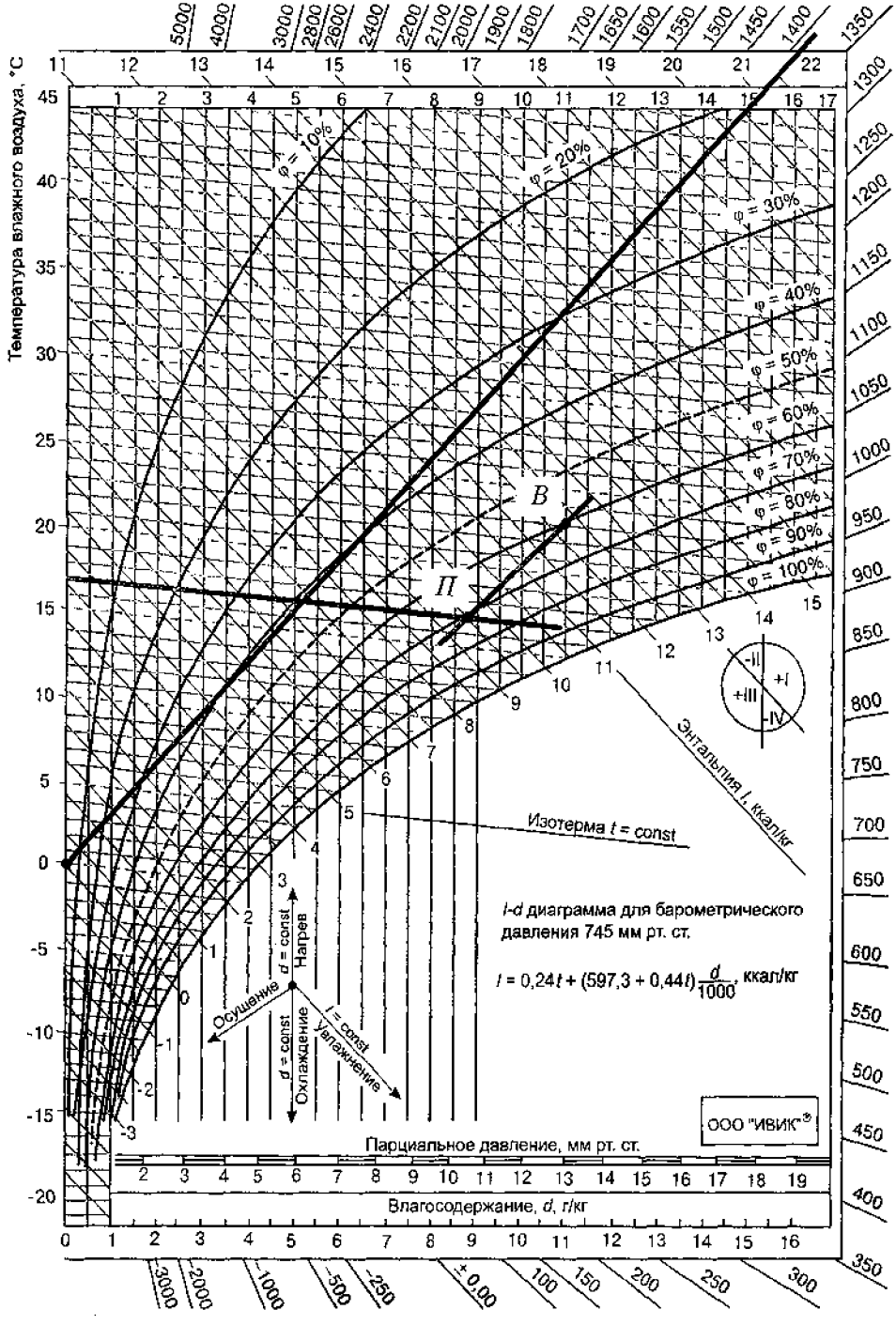


Рис. 2.3.5. Примеры решения задач с помощью *I-d* диаграммы

IBIK

2.3.5. УГЛОВОЙ КОЭФФИЦИЕНТ НА *I-d* ДИАГРАММЕ

Изменения состояния влажного воздуха на *I-d* диаграмме можно разделить на 4 характерных сектора (рис. 2.3.5).

Сектор I — процессы, в которых происходит повышение влагосодержания и увлажнение воздуха при контакте воздуха с водой при температуре воды выше температуры влажного термометра.

Сектор II — процессы осушки воздуха с повышением его теплосодержания. Такие процессы возможны при применении химических поглотителей влаги с одновременным подогревом воздуха и встречаются на практике крайне редко.

Сектор III — процессы с уменьшением тепло- и влагосодержания воздуха. Их можно осуществлять при контакте воздуха с водой при температуре ее ниже точки росы.

Сектор IV — процессы понижения теплосодержания воздуха с одновременным увлажнением.

Отношение

$$\varepsilon = \frac{I_2 - I_1}{d_2 - d_1} = \frac{\Delta I}{\Delta d} \qquad (2.3.1)$$

однозначно определяет характер процесса изменения влажного воздуха. Причем значения величин ΔI и Δd могут иметь знак "+" или "–", либо они могут быть равны нулю.

Величина ε называется тепловлажностным отношением процесса изменения влажного воздуха, а при изображении процесса лучом на *I-d* диаграмме — ***угловым коэффициентом***:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{\Delta d} \cdot 1000 = \pm \frac{Q_{изб}}{M_в}, \text{ ккал/кг.} \qquad (2.3.2)$$

Таким образом, угловой коэффициент равен отношению избытков тепла к массе выделившейся влаги. Угловой коэффициент изображается отрезками лучей на рамке поля *I-d* диаграммы.

Пример. В производственном помещении необходимо обеспечить температуру $t_в$ = 23,5 °С и относительную влажность $\varphi_в$ = 60 %. Приточный воздух имеет температуру $t_{пр}$ = 17 °С, избыток тепла в помещении $Q_{изб}$ = = 44 000 ккал/ч, влаговыделение $M_в$ = 32 кг/ч. Определить параметры и расход приточного воздуха.

IBIK

Решение. Определяем величину углового коэффициента:

$$\varepsilon = \frac{Q_{изб.}}{M_в} = \frac{44000}{32} = 1375 \text{ ккал/кг.}$$

На *I-d* диаграмме (рис. 2.3.5) находим точку *B* с параметрами, которые необходимо обеспечить в помещении, и определяем $d_в$ = 10,7 г/кг, $I_в$ = 12,0 ккал/кг. Находим ε = 1 375 ккал/кг на полях *I-d* диаграммы и проводим луч от нулевой точки через ε = 1 375. Через точку *B* проводим луч процесса, параллельный найденному угловому коэффициенту. Так как температура приточного воздуха равна 17 °С, находим точку пересечения луча процесса и линии t = 17 °С. Это будет точка *П*, характеризующая параметры приточного воздуха: $t_{пр}$ = 17 °С; $d_{пр}$ =8,7 г/кг; I = 9,5 ккал/кг. Каждый килограмм приточного воздуха ассимилирует тепло $\Delta I = I_в - I_{пр}$ и влагу $\Delta d = d_в - d_{пр}$, поэтому расход приточного воздуха можно определить по формуле:

$$L = \frac{Q}{\gamma \cdot \Delta I} = \frac{44000}{1{,}2 \cdot (12{,}0 - 9{,}5)} = 14666 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

2.4. ТЕПЛО- И ВЛАГООБМЕН В ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАМЕРАХ

В СКВ используются различные устройства, в которых воздух обрабатывается непосредственным контактом с водой. К таким устройствам относятся оросительные форсуночные камеры и орошаемые насадки. Они позволяют изменять параметры воздуха в широком диапазоне. При непосредственном контакте воздуха с каплями разбрызгиваемой воды или смоченной поверхностью различных насадок изменение состояния воздуха зависит от температуры воды.

Если температура воды ниже температуры воздуха по влажному термометру, но выше температуры точки росы, то температура воздуха, приходящего в соприкосновение с водой, будет понижаться. При этом вследствие испарения влаги влагосодержание воздуха будет увеличиваться, а энтальпия — уменьшаться.

Уменьшение энтальпии объясняется тем, что количество скрытого тепла, поступающего в воздух с водяными парами, будет меньше, чем количество явного тепла, отданного воздухом при контакте с водой на повышение температуры неиспарившейся воды.

Если температура воды ниже температуры точки росы охлаждаемого воздуха, то воздух будет охлаждаться и осушаться.

IBIK

Если температура воды равна температуре точки росы воздуха, не насыщенного водяными парами, будет происходить охлаждение без влагообмена, то есть без выпадания конденсата или увлажнения воздуха. Это связано с тем, что парциальные давления водяных паров в воздухе и в пограничном слое над поверхностью воды одинаковы. На I-d диаграмме такой процесс обработки воздуха изображается прямой, направленной по линии d = const.

Если обрабатывать воздух рециркулируемой водой без охлаждения и подогрева, то вода со временем приобретет температуру, равную температуре влажного термометра, так как тепло, отданное воздухом, полностью пойдет на испарение воды. Пары воды, поступающие в воздух, возвращают ему это тепло, но только в скрытом виде. Процесс обработки воздуха идет по I = const.

Таким образом, воздух понижает температуру, отдавая явное тепло при контакте с водой, и увлажняется. Энтальпия воздуха в этих процессах остается практически неизменной, поэтому такие процессы тепловлагообмена называются изоэнтальпическими (адиабатическими).

В оросительных камерах при отсутствии теплообмена с окружающей средой должно быть равенство между количеством тепла, отданного воздухом, и количеством тепла, воспринятого водой:

$$G_в \cdot (I_н - I_к) = W \cdot c(t_{вк} - t_{вн}), \qquad (2.4.1)$$

где $G_в$ — количество воздуха, проходящее через оросительную камеру, кг/ч;

$I_н$, $I_к$ — начальная и конечная энтальпия воздуха, ккал/кг;

W — количество воды, контактирующее с воздухом, кг/ч;

c — теплоемкость воды, 1 ккал/(кг · °С);

$t_{вк}$, $t_{вн}$ — конечная и начальная температура воды, °С.

Разделив обе части уравнения (2.4.1) на $G_в$, получим:

$$I_н - I_к = \frac{W}{G_в} c(t_{вк} - t_{вн}), \qquad (2.4.2)$$

Отношение $\frac{W}{G_в}$ называется коэффициентом орошения и показывает, какое количество воды, разбрызгиваемой в оросительной камере, приходится на 1 кг воздуха, проходящего через камеру.

В общем случае полное количество тепла $Q_п$, обмененного между воздухом и водой и отнесенного к 1 м^2 поверхности контакта в оросительных камерах, определяется как сумма явного тепла $Q_я$ и скрытого тепла $Q_с$:

$$Q_п = Q_я + Q_с, \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)}. \qquad (2.4.3)$$

IBIK

Явный теплообмен осуществляется за счет конвекции, а скрытый – за счет поглощения воздухом или выделения из него влаги вследствие разности парциальных давлений. Теплота, переданная конвекцией от воды воздуху, равна:

$$Q_я = K_к (t_в - t_w), \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)}, \qquad (2.4.4)$$

где $K_к$ – коэффициент конвекционного теплообмена, ккал/(м² · ч · °С);

$t_в$ – температура воздуха, °С;

t_w – температура поверхности воды, °С.

Если количество воздуха $G_в$ с параметрами $I_в$ и $d_в$ вступит в контакт с водяной поверхностью, имеющей температуру t_w, то затраченное количество тепла $Q_п$ и обмененной влаги W составит:

$$\begin{aligned} Q_п &= G_в(I_в - I_w); \\ W &= G_в(d_в - d_w); \end{aligned} \qquad (2.4.5)$$

откуда

$$\frac{Q_п}{W} = \frac{I_в - I_w}{d_в - d_w} = \frac{\Delta I}{\Delta d} = \varepsilon. \qquad (2.4.6)$$

Уравнение (2.4.6) в координатах I-d диаграммы влажного воздуха определяет угловой коэффициент ε прямой, проходящей через точку с параметрами $I_в$, $d_в$, характеризующую начальное состояние воздуха, и через точку I_w, d_w, характеризующую состояние воздуха при температуре водяной поверхности tw и относительной влажности φ = 100 %.

Конечная температура воздуха в оросительной камере становится равной температуре воды, стекающей в поддон камеры $t_в = t_w$ (идеальный процесс).

Однако на практике получить равенство $t_в = t_w$ не удается, и конечное состояние определяется точкой, где φ < 100 %.

Отношение

$$E = \frac{t_н - t_к}{t_н - t_w} \approx \frac{d_н - d_к}{d_н - d_w} \approx \frac{I_н - I_к}{I_в - I_w} \qquad (2.4.7)$$

называют коэффициентом эффективности процесса теплообмена.

В общем, процесс взаимодействия воздуха с водой может лежать в рамках криволинейного треугольника *АБВ* [24], где одна сторона – это кривая насыщения φ = 100 %, а две другие – касательные к этой кривой, проведенные из точки начального состояния воздуха (точка *А*, рис. 2.3.6). В рамках треугольника *АБВ* возможны 7 характерных процессов взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры t_w.

IBIK

Они представлены семью лучами, лежащими в пределах криволинейного треугольника АБВ, у которого одной стороной является кривая насыщения φ=100% , а двумя другими — касательные к этой кривой, проведенные из точки А начального состояния воздуха. Любой процесс взаимодействия воздуха с водой постоянной температуры изобразится лучом, находящимся в пределах этого треугольника, так как ни один из лучей, выходящих из точки А вне треугольника, не может пересечься с кривой φ=100%.

Процесс 1 протекает при температуре воды, меньшей точки росы ($t_w<t_p$). В этом случае воздух отдает тепло воде, что приводит к снижению его температуры и сопровождается конденсацией влаги, находящейся в нем. Процесс характеризуется охлаждением и осушкой воздуха.

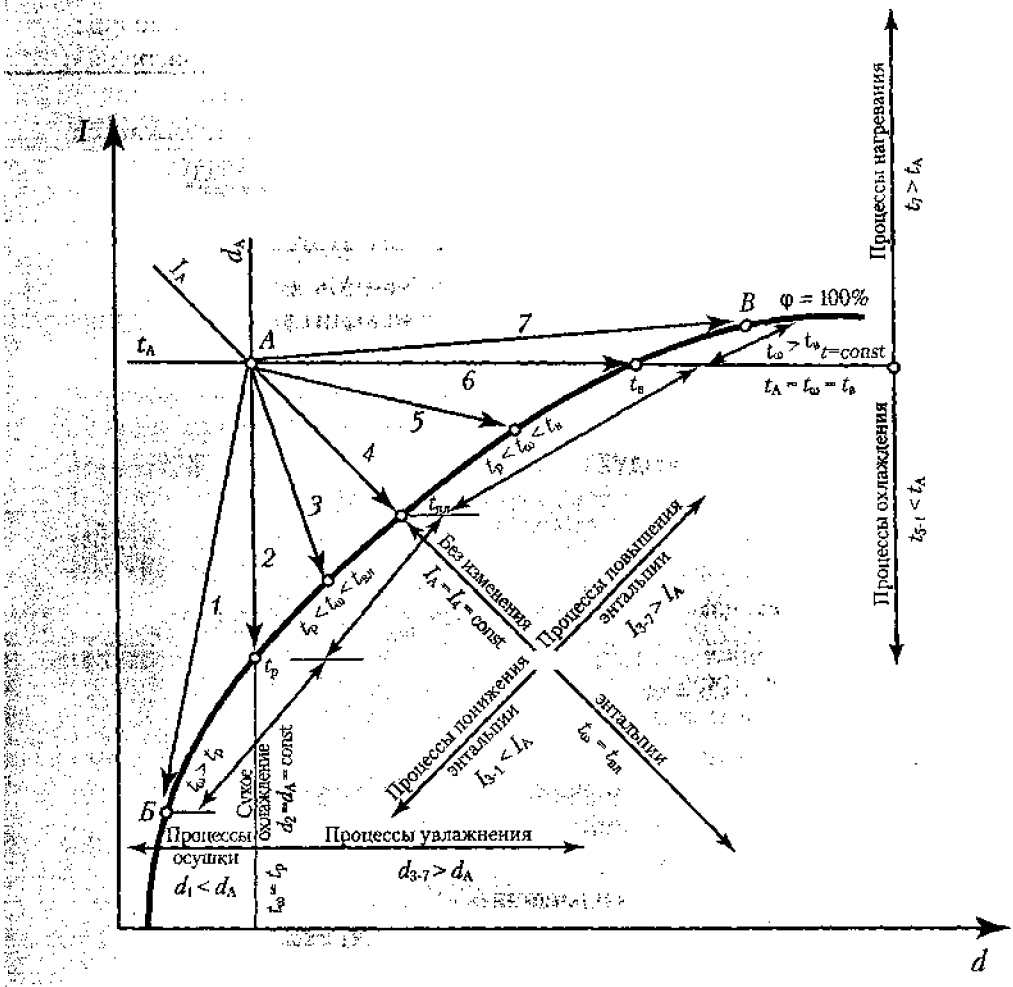


Рис. 2.3.6. Взаимодействие воздуха с водой в оросительных камерах [24]

Процесс 2 протекает при $t_w = t_р$ по линии d = const. Происходит охлаждение воздуха без конденсации влаги (сухое охлаждение).

Процесс 3 протекает при температуре воды, большей температуры точки росы, но меньшей температуры точки влажного термометра ($t_р < t_w < t_{вл}$). Здесь тепло, отдаваемое воздухом воде, частично расходуется на испарение воды. Температура воздуха понижается, а влагосодержание его возрастает, то есть он охлаждается и увлажняется.

При процессах 1, 2, 3 воздух обрабатывается холодной водой с температурой ниже температуры влажного термометра.

Процесс 4 протекает при $t_w = t_{вл}$ по линии I=const. Воздух охлаждается до $t_{вл}$, энтальпия его не изменяется, так как тепло, теряемое воздухом при теплообмене с охлаждающей его водой, возвращается в воздух вместе с испарившейся влагой, а влагосодержание увеличивается (процесс изоэнтальпический).

Процесс 5 протекает при $t_{вл} < t_w < t_в$. Температура воздуха понижается, а тепло и влагосодержание увеличиваются. Воздух будет охлаждаться и увлажняться.

Процесс 6 протекает при $t_w = t_в$ по линии t = const. В этом случае ни воздух, ни вода не изменяют своих температур. Теплообмен между водой и воздухом отсутствует, происходит только увлажнение воздуха (процесс изотермический).

Процесс 7 протекает при $t_w < t_в$. Происходит передача тепла от воды к воздуху. Воздух нагревается и увлажняется.

При процессах 5, 6, 7 воздух обрабатывается теплой водой с температурой выше температуры влажного термометра.

При контакте воздуха с водой невозможно осуществить следующие три процесса: осушку и одновременное нагревание воздуха, нагревание воздуха без изменения влагосодержания, осушку воздуха без изменения его температуры. Все эти процессы изображаются линиями, лежащими вне треугольника *АБВ*, и не могут быть выполнены при непосредственном контакте воздуха с водой.

Для выполнения процессов осушки воздуха при одновременном его нагревании применяется осушка воздуха путем контакта его с веществом, обладающим большой абсорбционной способностью к влаге, например, силикагелем.

Нагревание же воздуха без изменения его влагосодержания осуществляется с помощью поверхностных воздухонагревателей.

ІВІК

Раздел 3

Теоретические основы технологии получения холода

3.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Специалисты в области холодильной техники используют более 3 000 специальных терминов. В начале этого раздела мы приведем некоторые из них, без которых изложить основы технологии получения холода не представляется возможным. При необходимости читатель может обращаться к политехническим словарям, к специальным словарям по холодильной науке и технике, изданным Международным институтом холода, или к другим учебникам [21].

Совокупность тел, которые энергетически взаимодействуют между собой, с другими телами и с окружающей их средой, составляет ***термодинамическую систему***.

Величины, характеризующие состояние термодинамической системы, называют ***параметрами состояния системы***.

Параметры состояния, не зависящие от массы термодинамической системы, называются ***интенсивными термодинамическими параметрами*** (например, давление и температура).

Параметры состояния, пропорциональные массе данной термодинамической системы, значение которых равно сумме значений таких же параметров отдельных составляющих системы, называются ***экстенсивными термодинамическими параметрами*** (например, объем и внутренняя энергия).

Энергия является количественной мерой различных форм движения материи. Энергия прямо или косвенно может быть превращена в работу.

Работа определяется как произведение силы на перемещение в направлении действия силы. Работа измеряется в Джоулях (Дж = Н · м). Если тело обладает энергией, то оно может совершить работу, которая в соответствии с принципом сохранения энергии может быть преобразована в другую форму энергии.

IBIK

Закон сохранения энергии формулируется следующим образом:

"Работа внешних сил плюс подведенная теплота расходуются на изменение механической и внутренней энергии рабочего тела".

К внешним силам относятся, например, силы давления и силы трения.

Мощность — это частное от деления произведенной работы или переданной энергии в течение определенного интервала времени на продолжительность этого интервала.

Физическое состояние однородного вещества однозначно определяется тремя основными параметрами: ***температурой***, ***давлением*** и ***объемом***. Совокупность этих параметров определяет агрегатное состояние вещества.

Температура характеризует интенсивность теплового движения молекул, атомов и других частиц, образующих термодинамическую систему. Энергия теплового движения прямо пропорциональна абсолютной температуре тела. С молекулярно-кинетической точки зрения температура не может быть отрицательной. Наименьшее значение температуры есть нуль. При этой температуре давление идеального газа равно нулю, движение молекул прекращается. Это есть начальная точка абсолютной шкалы температур.

Абсолютная шкала температур введена английским ученым Кельвином. В этой шкале тройная точка воды (термодинамическое состояние, при котором имеются все три фазы вещества: газ, жидкость, твердое состояние) равна 273,16 К. По шкале Цельсия этому состоянию воды присвоено значение температуры 0 °С. Таким образом, между шкалами абсолютной Кельвина (К) и Цельсия (°С) существует соотношение: К=°С+273,16; °С = К–273,16;

Кроме того, существуют шкалы Фаренгейта (°F), Реомюра (°R) и Ренкина (°Ren). Между ними и шкалой Цельсия следующие соотношения:

$$°F = \frac{9}{5}°C + 32; \quad °C = \frac{5}{9}(°F - 32);$$

$$°R = \frac{5}{4}°C; \quad °C = \frac{4}{5}°R; \quad °Ren = \frac{9}{5}°C + 491{,}7;$$

$$°C = \frac{5}{9}(°Ren - 491{,}7).$$

IBIK

Давление — величина, характеризующая интенсивность действия сил на какую-либо часть поверхности тела по направлениям, перпендикулярным к этой поверхности. Давление определяется отношением силы, равномерно распределенной по нормали к этой поверхности, к площади поверхности. Давление, создаваемое силой в один Ньютон (1Н = 0,102 кг) на площадь один квадратный метр, равно одному Паскалю (Па). Более крупная единица 1 бар = 10^5 Па.

Различают барометрическое (атмосферное) давление $P_б$, абсолютное $P_а$ и разрежение. Атмосферное давление является результатом давления окружающей воздушной среды на поверхность Земли. Нормальное атмосферное давление на уровне моря уравновешивается столбиком ртути 760 мм рт. ст., что соответствует 101 325 Па ≈ 10^5 Па = 1 бар (таблица 3.1.1).

Разность между абсолютным давлением и барометрическим называется ***избыточным давлением***. В закрытых сосудах измеряют избыточное давление, а абсолютное определяют путем сложения избыточного и атмосферного. Например, если избыточное давление равно 4 бар, то абсолютное равно 5 бар.

Таблица 3.1.1. Соотношения между различными единицами давления

Единицы	Н/м² Па	кПа	бар	мбар	мм вод. ст.	атм	ат	торр	фут/кв.дюйм
1 Н/м²=1 Па	1	10^{-3}	10^{-5}	0,01	0,102	$0{,}987\cdot10^{-5}$	$1{,}02\cdot10^{-5}$	$0{,}75\cdot10^{-2}$	$1{,}45\cdot10^{-4}$
кПа	1000	1	0,01	10	102	$0{,}987\cdot10^{-2}$	$1{,}02\cdot10^{-2}$	7,50	0,145
бар	10^5	100	1	1000	$1{,}02\cdot10^4$	0,987	1,02	750	14,50
мбар	100	0,1	10^{-3}	1	10,2	$0{,}987\cdot10^{-3}$	$1{,}02\cdot10^{-3}$	0,75	0,0145
мм вод. ст.	9,81	$9{,}81\cdot10^{-3}$	$9{,}81\cdot10^{-5}$	$9{,}81\cdot10^{-2}$	1	$0{,}97\cdot10^{-4}$	10^{-4}	0,074	$1{,}42\cdot10^{-3}$
атм	$1{,}01\cdot10^5$	101	1,01	1010	10332	1	1,033	760	14,70
ат	$9{,}81\cdot10^4$	98,1	0,981	981	10000	0,968	1	735	14,22
торр	133	0,133	$1{,}33\cdot10^{-3}$	1,33	13,6	$1{,}32\cdot10^{-2}$	$1{,}36\cdot10^{-3}$	1	0,019
фут/кв. дюйм	$6{,}89\cdot10^3$	6,89	0,069	689	703	0,068	0,070	51,7	1

Единицы	Па	Н/мм²	даН/см²	даН/мм²	кгс/см²	кгс/мм²
1 Па (=1 Н/м²)	1	10^{-6}	10^{-5}	10^{-7}	$0{,}102\cdot10^{-4}$	$0{,}102\cdot10^{-6}$
1 Н/мм² (=1 МПа)	1 000 000	1	10	0,1	10,2	0,102
1 даН/см² (=1 бар)	100 000	0,1	1	0,01	1,02	0,0102
1 даН/мм² (=1 гбар)	10 000 000	10	100	1	102	1,02
1 кгс/см² (=1 ат)	98 100	0,0981	0,981	0,00981	1	0,01
1 кгс/мм²	9 810 000	9,81	98,1	0,981	100	1

Примечание: 1 Па =1 Н/м² = 1/9,81 кгс/м² = 0,102 кгс/м²

1 даН/мм²	1 даН/см²	1 кН/см²	1 кгс/мм²	1 кгс/см²
≈ 1 кгс/мм²	≈ 1 кгс/см²	1 даН/мм²	≈ 1 даН/мм²	=1 ат
=1 кН/см²	≈ 1 ат	$=10^5$ гПа	≈ 1 кН/см²	≈ 1 даН/см²
$=10^5$ гПа	=1 бар	≈ 1 кгс/мм²	$\approx 10^5$ гПа	≈ 1 бар
1 кбар	1 гПа	1 бар	1 мбар	1 мкбар
=1 гН/мм²	=1 мбар	=1 даН/см²	=1 сН/см²	=1 дН/м²
=1 кН/см²	$=10^{-5}$ кН/см²	$\approx 10^5$ кгс/мм²	≈ 100 Н/м²	
≈ 1 Мгс/см²	$\approx 10^5$ кгс/мм²	≈ 1 ат	≈ 1 гПа	≈ 0,01 кгс/м²

Примечание: 1 Н ≈ 0,1 кгс ; 1 кгс ≈ 10 Н = 1 даН.

Теплотой называется часть энергии, которая непосредственно передается данному телу от более нагретого тела в результате теплового контакта между ними. Следует отметить, что этот способ передачи энергии не связан с совершением работы одним телом над другим.

За единицу теплоты принят 1 Джоуль (Дж = Н · м).

Теплообмен между твердыми телами, газами и жидкостями, которые находятся при разных температурах, может происходить тремя способами: ***излучением, теплопроводностью и конвекцией***.

Передача теплоты излучением происходит путем трансформации тепловой энергии тела в лучистую энергию — электромагнитные волны, которые, распространяясь в пространстве, достигают другого тела и преобразуются в тепловую энергию этого тела.

Передача теплоты теплопроводностью осуществляется за счет передачи энергии молекул более нагретых частей тела молекулам с меньшей температурой. Молекулы с большей температурой сталкиваются с молекулами с меньшей температурой и передают им часть энергии. В жидкостях и газах наряду с теплопроводностью теплота может передаваться путем перемешивания сред с разной температурой.

При конвективном теплообмене перенос тепла осуществляется от жидкой или газообразной среды к твердому телу (например, в теплообменных аппаратах). Как правило, эти три механизма передачи тепла присутствуют в тепловых машинах одновременно.

Соотношение между работой и полученным в результате выполнения этой работы теплом определил английский ученый Джоуль (1845), который вычислил механический эквивалент теплоты.

Количественно работа может быть определена как

$$W = F \cdot l, \text{ (Н} \cdot \text{м)}, \qquad (3.1.1)$$

а теплота как результат этой работы равна:

$$Q = cm\,(t_к - t_н), \qquad (3.1.2)$$

где c — удельная теплоемкость вещества;

m — масса вещества;

$t_к$, $t_н$ — конечная и начальная температура вещества.

Удельная теплоемкость вещества (c) характеризует количество теплоты, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К.

Уравнение (3.1.2) является основной формулой калориметрии. Оно позволяет определить удельную теплоемкость тела (вещества), т. е. количество тепла, которое нужно сообщить (или изъять) телу единичной массы, чтобы повысить (или снизить) его температуру на 1 К.

Удельная теплоемкость зависит от природы тела и его физического состояния: так, теплоемкость воды (жидкое состояние) практически в

IBIK

два раза больше, чем теплоемкость льда (твердое состояние). Следует отметить, что вода — это жидкость с самым высоким значением удельной теплоемкости. Чтобы обеспечить заданное изменение температуры, вода должна поглотить или отдать тепла больше, чем любое другое тело такой же массы.

При изменении давления и температуры теплоемкость изменяется. Поэтому, исходя из начального состояния вещества, можно получить два различных конечных состояния и две удельные теплоемкости:

c_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении;

c_v — удельная теплосмкость при постоянном объемс.

Для газов разность $c_p - c_v = R$ есть величина постоянная и называется удельной газовой постоянной.

Обычно среднюю удельную теплоемкость воды принимают 1 ккал/(кг·К) или 4,18 кДж/(кг·К); среднюю удельную теплоемкость воздуха 1 кДж/(кг·К); фреона R22 – 0,7 кДж/(кг·К).

Удельные теплоемкости воздуха и хладагента R22 при различных температурах приведены в таблицах 3.1.2 и 3.1.3.

Удельный объем газа или жидкости есть объем единицы массы:

$$\vartheta = \frac{V}{m}, \text{ м}^3/\text{кг}, \qquad (3.1.3.)$$

где V — объем вещества;

m — масса вещества.

Величина, обратная объему, называется ***плотностью***:

$$\rho = \frac{1}{\vartheta} = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3. \qquad (3.1.4.)$$

Таблица 3.1.2. Удельная теплоемкость воздуха c_p, кДж/(кг · К)

Давление, бар	Температура, °С				
	0	60	120	180	240
1	1,0224	1,0316	1,0412	1,0596	1,0599
25	1,0517	1,0614	1,0706	1,0800	1,0894
50	1,0823	1,0915	1,1010	1,1103	1,1197
100	1,1409	1,1505	1,1599	1,1693	1,1787
150	1,1945	1,2037	1,2133	1,2227	1,2320
200	1,2397	1,2493	1,2585	1,2683	1,2773
300	1,2820	1,2912	1,3008	1,3102	1,3196

IBIK

Таблица 3.1.3. Удельные теплоемкости паров хладагента R22

Температура, °С	c_p, кДж/(кг·К)	c_v, кДж/(кг·К)	c_p/c_v	Температура, °С	c_p, кДж/(кг·К)	c_v, кДж/(кг·К)	c_p/c_v
−70	0,541	0,440	1,231	5	0,746	0,572	1,304
−65	0,550	0,447	1,230	10	0,768	0,584	1,316
−60	0,559	0,455	1,230	15	0,792	0,594	1,333
−55	0,569	0,462	1,231	20	0,819	0,606	1,351
−50	0,579	0,470	1,232	25	0,848	0,618	1,372
−45	0,590	0,478	1,234	30	0,881	0,630	1,398
−41	0,600	0,485	1,237	35	0,917	0,643	1,426
−40	0,602	0,486	1,237	40	0,959	0,655	1,464
−35	0,613	0,495	1,238	45	1,006	0,667	1,509
−30	0,627	0,504	1,244	50	1,062	0,681	1,560
−25	0,640	0,512	1,250	55	1,129	0,694	1,627
−20	0,655	0,522	1,255	60	1,212	0,708	1,713
−15	0,671	0,531	1,263	65	1,320	0,727	1,816
−10	0,688	0,541	1,270	70	1,464	0,737	1,986
−5	0,705	0,551	1,279	75	1,673	0,752	2,225
0	0,725	0,562	1,290	80	2,001	0,769	2,602

3.2. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

3.2.1. *P-V* ДИАГРАММА ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛА

Английский ученый Блэк (1760) показал, что при постоянной температуре вещество может поглощать или выделять тепло путем изменения агрегатного состояния, а также дал количественную оценку тепловых преобразований при изменении агрегатного состояния вещества.

Так, для того, чтобы растопить 1 кг льда, необходимо затратить 334 кДж энергии, а чтобы испарить 1 кг воды, необходимо затратить 2 258 кДж энергии (рис. 3.2.1). Процесс поглощения теплоты в этих

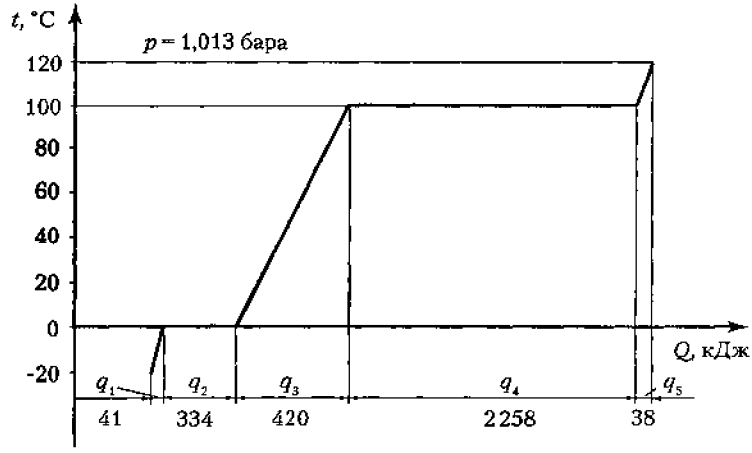


Рис. 3.2.1. Энергетические показатели при изменении агрегатного состояния воды

IBIK

случаях происходит при постоянной температуре. Эти явления используются во всех тепловых машинах при получении холода и тепла.

Простая холодильная машина использует явление поглощения тепла из охлаждаемой среды во время перехода вещества из жидкого состояния в газообразное при постоянной температуре и давлении. Так, если капнуть на ладонь какой-либо хладагент, например, эфир, то ладонь будет охлаждаться. При испарении хладагент отбирает тепло у ладони, а нагретые пары хладагента перейдут в окружающую среду, отдав ей часть тепла ладони.

Если этот хладагент замкнуть в изолированной термодинамической системе и создать условия для сбора испарившегося хладагента и обратного его преобразования в жидкость, то эту часть хладагента можно вновь использовать для охлаждения. Схема такой термодинамической системы приведена на рис. 3.2.2, а процессы, протекающие в системе, отображены в *P-V* диаграмме на рис. 3.2.3.

В камере, которую необходимо охладить, находится испаритель. В испаритель поступает жидкий хладагент, который затем испаряется, отбирая тепло у холодильной камеры (поток *A* на рис. 3.2.2 и кривая *4–1* на рис. 3.2.3).

Регулируя давление, можно сделать так, чтобы хладагент превращался в пар при требуемой температуре (в допустимых для данного хладагента пределах и при технически реализуемых давлениях). Затем необходимо отобранное хладагентом тепло передать в окружающую среду или использовать для нагревания. Для этого хладагент сжимают компрессором (кривая *1–2* на рис. 3.2.3) и направляют в теплообменник, называемый конденсатором. Конденсатор при постоянном давлении

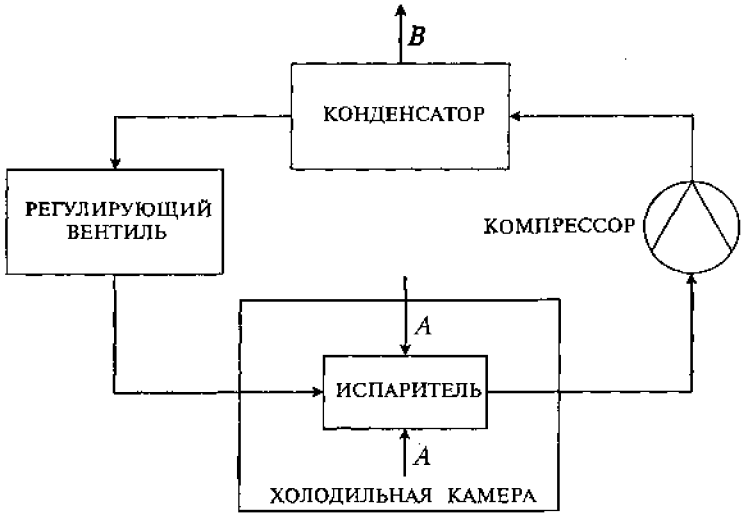


Рис. 3.2.2. Блок-схема парокомпрессионной холодильной машины

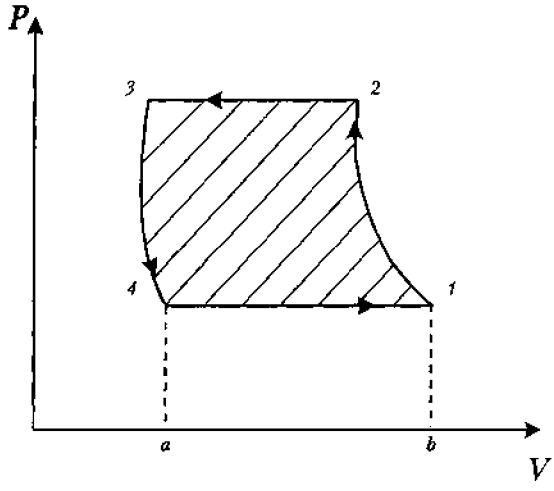


Рис. 3.2.3. Диаграмма холодильного цикла в *P-V* координатах

отдает тепло окружающей среде, например, воздуху или воде (поток *B* рис. 3.2.2, линия *2–3*, рис. 3.2.3). Естественно, что температура среды, окружающей конденсатор, должна быть ниже температуры жидкого хладагента.

Для того чтобы жидкий хладагент начал испарятьс я, необходимо снизить его давление. Это осуществляется с помощью регулирующего вентиля, на входе которого давление высокое, а на выходе — низкое (кривая *3–4*, рис. 3.2.3).

Таким образом, мы получаем замкнутый цикл холодильной машины, которая с помощью испарителя отбирает тепло из холодильной камеры и с помощью конденсатора отдает его другой среде.

Тепло, отобранное испарителем, пропорционально площади *b–1–4–a*, а отданное конденсатором — площади *b–1–2–3–4–a*. Работа холодильной машины, затраченная на выполнение цикла, пропорциональна площади *1–2–3–4*.

Французский инженер Карно (1824) рассчитал цикл холодильной машины, которая выполняет максимальную работу при минимальных затратах, то есть идеальный холодильный цикл (рис. 3.2.4).

Такой цикл состоит из:

- адиабатического сжатия паров в компрессоре (кривая *1–2*);
- изотермической конденсации паров в конденсаторе (кривая *2–3*);
- адиабатического расширения жидкости в расширителе (кривая *3–4*);
- изотермического парообразования жидкости в испарителе (*4–1*).

Цикл Карно является двухтемпературным, то есть теплообмен происходит между двумя источниками:

- холодным источником (испарителем), который при температуре T_0 поглощает тепло Q_0;
- горячим источником (конденсатором), который при температуре $T_к$ отдает в окружающую среду тепло $Q_к$.

Цикл Карно теоретически можно осуществить с помощью следующих элементов:

1. ***Компрессора без потерь***, который адиабатически (без теплообмена

на с внешней средой) сжимает влажный пар. Совершаемая работа затрачивается исключительно на изменение внутренней энергии газа (линия *1–2*, рис. 3.2.4). В процессе сжатия капли жидкости испаряются, и в точке 2 образуется сухой насыщенный пар.

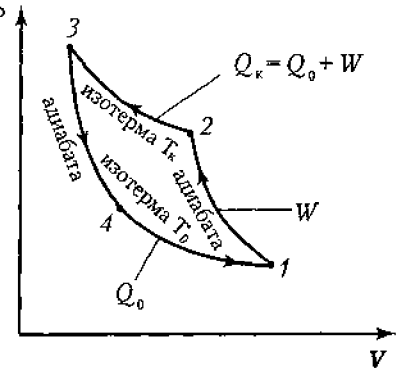


Рис. 3.2.4. Диаграмма холодильного цикла Карно в *P-V* координатах

2. ***Конденсатора бесконечной поверхности***, в котором пар превращается в жидкость при температуре окружающей среды (процесс *2–3*).
3. ***Регулирующего вентиля без потерь***, в котором жидкость адиабатически расширяется (линия *3–4*).
4. ***Испарителя бесконечной поверхности***, в котором вся жидкость превращается в пар при температуре холодного источника T_0 (линия *4–1*).

P-V диаграмма холодильного цикла дает возможность определить холодопроизводительность холодильной машины и затраченную энергию путем измерения площади, заключенной между линиями процессов. Однако выбрать цикл с максимальным КПД по этой диаграмме затруднительно. Данный процесс лучше исследовать на диаграмме "температура–энтропия" (*T-S* диаграмма). Это связано с тем, что в *T-S* диаграмме холодильный цикл может быть представлен прямыми линиями. Определение площадей, ограниченных прямыми линиями, намного проще, а результаты точнее.

3.2.2. T-S ДИАГРАММА ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛА

Все механические, электрические и магнитные процессы можно разделить на обратимые и необратимые.

Обратимые процессы — это такие процессы, в которых исходное состояние может быть достигнуто без каких-либо остаточных изменений системы. Например, механические или электрические колебания протекают обратимо, так как они периодически попадают в исходное состояние.

Идеальные обратимые процесссы характеризуются следующими признаками:

1. Исходное состояние достигается путем обратного хода процесса (колебание маятника).
2. Восстановление исходного состояния не требует подвода энергии извне.

IBIK

3. Обратимый процесс не оставляет ни в одном из участвующих в процессе тел остаточных изменений состояния.

Противоположностью обратимых процессов являются ***процессы необратимые***, например, пластические процессы деформации тел, химические реакции, передача энергии излучением.

Необратимые процессы характеризуются следующими признаками:

1. Все необратимые процессы сами по себе протекают только в одном направлении. Например, запах духов обратно во флакон не возвращается.
2. При всех необратимых процессах работа растрачивается, то есть упускается возможность совершить полезную работу. Вместо полезной работы происходит только нагревание тел (нагретый газ в поршне идет на передвижение поршня, но часть тепла излучается в пространство). Для непрерывности необратимого процесса необходимо пополнять систему энергией извне.
3. В замкнутых системах необратимые процессы приводят к остаточным изменениям состояния систем.

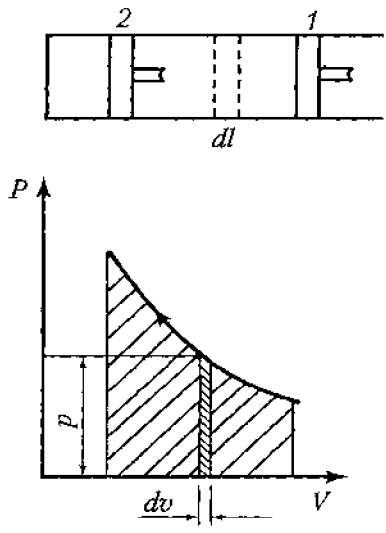


Рис. 3.2.5. Графическое представление работы при сжатии газа в *P-V* диаграмме

Для количественной оценки степени совершенства обратимых процессов Клаузис (1882) ввел понятие энтропии, сущность которого заключается в следующем.

Всякое движение частиц стремится к беспорядку. Энтропия характеризует, насколько далеко ушло направленное (упорядоченное) движение частиц к беспорядку и насколько трудно (или невозможно) осуществить обратный переход. По сути, энтропия характеризует процесс теплообмена системы с окружающей средой.

При выполнении процесса сжатия в цилиндре с поршнем механическую энергию в *P-V* диаграмме (рис. 3.2.5) можно представить как площадь, заключенную между кривой процесса и осью ординат:

$$dW = p \cdot dV. \qquad (3.2.1)$$

IBIK

Аналогично оценку тепловой энергии можно определить как $dq = T \cdot ds$,

откуда $ds = \frac{dq}{T}$.

Тогда энтропия будет равна:

$$S = \int_{S_1}^{S_2} \frac{dq}{T}. \qquad (3.2.2)$$

На рис. 3.2.6 показано элементарное количество тепла (dq) как произведение абсолютной температуры T на изменение параметра состояния, называемого энтропией.

При исследовании тепловых процессов важно не абсолютное значение энтропии относительно $S = 0$ при $T_{абс} = 0$, а изменение (прирост) энтропии рабочего тела в процессе теплового цикла:

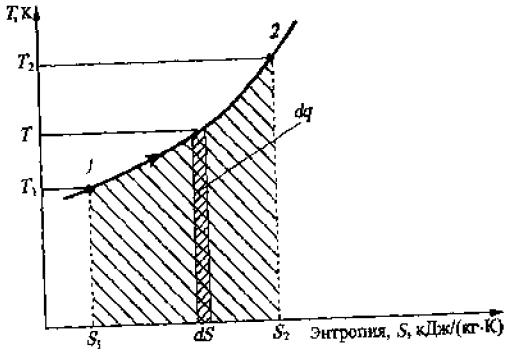


Рис. 3.2.6. Графическое представленне элементарной энтропии

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{S_0}^{S_2} \frac{dq}{T} - \int_{S_0}^{S_1} \frac{dq}{T} = \sum \frac{Q_{погл}}{T}, \qquad (3.2.3)$$

где $Q_{погл}$ — обратимо поглощенная энергия;

T — абсолютная температура при поглощении.

Обратимый процесс без потерь с $\Delta S = 0$ практически недостижим. В реальных замкнутых системах $\Delta S > 0$.

Пример. Возрастание энтропии при плавлении.

Пусть тело массой M имеет удельную энтальпию (теплосодержание) плавления I и температуру плавления $T_{пл}$.

Процесс плавления происходит в среде с температурой, превышающей $T_{пл}$ на исчезающе малую величину.

Энтальпия плавления I поглощается практически при температуре плавления. В этом случае энтропия плавящегося тела возрастет на величину

$\Delta S = \frac{M \cdot I}{T_{пл}}$, а удельное приращение энтропии составит:

$$\Delta S_{уд} = \frac{\Delta S}{M} = \frac{I}{T_{пл}}.$$

Так, для воды $T_{пл}$ = 273,16 К, $I = 3{,}35 \cdot 10^5$ Вт·с/кг, а удельное приращение энтропии составит:

$$\Delta S_{уд} = \frac{3{,}35 \cdot 10^5}{273{,}16} = 1{,}21 \cdot 10^3 \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Для ртути соответственно $T_{пл}$ = 234,1 К; I = 11,8 · 103 Вт·с/кг, удельное приращение энтропии

$$\Delta S_{уд} = 50{,}4 \frac{\text{Вт с}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

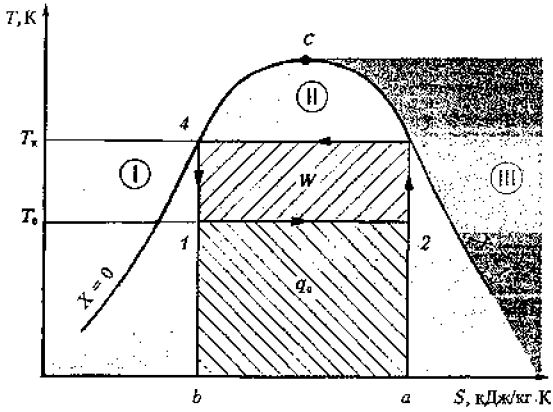
Пример. Возрастание энтропии при испарении.

Пусть тело массой M имеет удельную энтальпию испарения r, тогда приращение энтропии при испарении составит:

$$\Delta S = \frac{M \cdot r}{T_{исп}}.$$

Для воды ($T_{исп}$ = 373,16 К и $r = 2{,}26 \cdot 10^5$ Вт·с/К) удельное приращение энтропии составит $6{,}06 \cdot 10^3$ Вт·с/(кг·К).

Понятие энтропии довольно сложное. Так, в [21] по этому поводу сказано: "Не будем забывать, что понятие энергии является интуитивным, а энтропии — абстрактным, и что они были восприняты человеком лишь недавно и с большим трудом".



Важным является то, что на *T-S* диаграмме идеальный цикл Карно отображается прямоугольником (рис. 3.2.7).

Энтропийное сжатие хладагента происходит по прямой *2–3*; изотермическая конденсация — *3–4*; адиабатическое расширение — *4–1*; изотермическое парообразование — *1–2*.

Рис. 3.2.7. Цикл Карно на *T-S* диаграмме

IBIK

На *T-S* диаграмме обозначены области (рис. 3.2.7):

C — тройная точка; I — жидкая фаза хладагента; II — парожидкостная фаза; III — газообразная фаза.

На *T-S* диаграмме площадь прямоугольника *a–3–4–b* представляет количество тепла, отданного конденсатором ($q_к$). Площадь прямоугольника *a–2–1–в* эквивалентна количеству тепла, отбираемого хладагентом (q_0). Разность этих площадей, или площадь *1–2–3–4*, есть затраченная работа (*W*).

Из диаграммы следует, что количество тепла, отданное конденсатором,

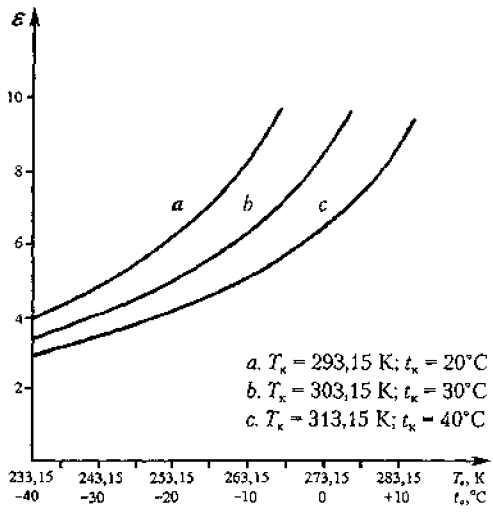


Рис. 3.2.8. Зависимость холодильного коэффициента от температуры кипения и конденсации

$$q_к = q_0 + W. \qquad (3.2.4)$$

Холодильный коэффициент, равный отношению холодопроизводительности к затраченной работе, равен:

$$\varepsilon = \frac{q_0}{W} = \frac{T_0}{T_к - T_0}. \qquad (3.2.5)$$

Значения холодильного коэффициента e для идеального цикла Карно в зависимости от температуры испарения при температурах конденсации 20 °C, 30 °C и 40 °C показаны на рис. 3.2.8.

Холодильный цикл реальной холодильной машины значительно отличается от цикла Карно, что связано со следующими обстоятельствами:

1. Необходимость перегрева хладагента в процессе парообразования в испарителе

Рассмотрим парокомпрессионный цикл с хладагентом R22 и температурой испарения +5°C, обычно используемый при комфортном кондиционировании (рис. 3.2.9).

В точке *1* на входе испарителя (рис. 3.2.10) давление составляет примерно 4,8 бара, а температура +5 °C. (Точные значения термодинамических параметров хладагента R22 приведены в табл. 3.2.1—3.2.4). Жидкость начинает испаряться, и чем ближе к точке *2*, тем больше в испарителе пара и меньше жидкости. Однако давление и температура

IBIK

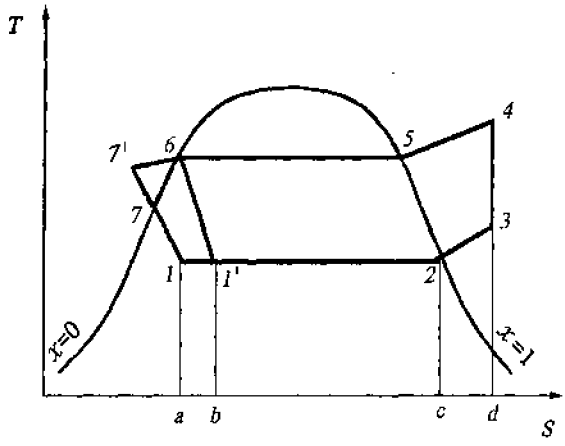


Рис. 3.2.9. Реальный цикл холодильной машины на T-S диаграмме

по всей длине испарителя остаются постоянными. В точке 2 жидкости уже нет, есть только пар.

Однако производить сжатие в этой точке еще нельзя, так как из-за изменения, например, температуры окружающей среды точка 2 может "плавать", сдвигаясь при этом в область парожидкостной фазы. Поступление части жидкости в компрессор может привести к гидродинамическому удару и выходу компрессора из строя.

Поэтому отбор тепла производят до тех пор, пока на выходе из испарителя не произойдет перегрев пара на 5–8 К выше температуры кипения (точка 3). Этот режим называется режимом "сухого хода". Кроме того, данный режим обеспечивает повышение холодопроизводительности холодильной машины.

Температуру испарения следует выбирать как можно выше, так как повышение температуры испарения на 1 °С ведет к повышению холодопроизводительности на 3–5 %.

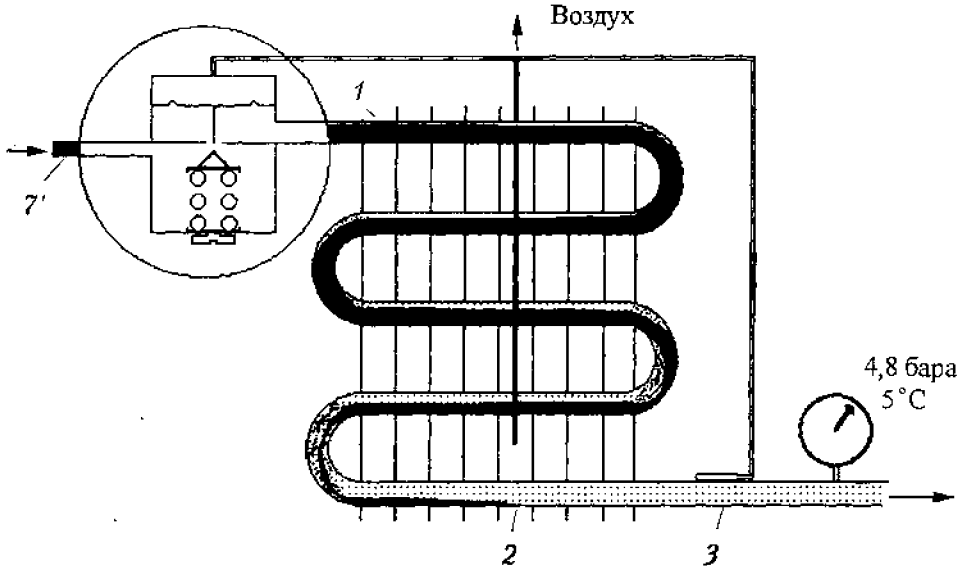


Рис. 3.2.10. Процесс испарения в испарителе холодильной машины

IBIK

Рассмотрим, что происходит с охлажденным воздухом, который с помощью вентилятора проходит через испаритель.

Пусть температура воздуха на входе в испаритель равна 22 °С, а на выходе 15 °С. Перепад температуры воздуха составляет $\Delta t_{возд}$=22–15= =7 °С, а полный перепад между температурой хладагента (5 °С) и температурой воздуха на входе составит:

$$\Delta\theta_{полн} = 22 - 5 = 17°C.$$

$\Delta\theta_{полн}$ и $\Delta t_{возд}$ зависят от температуры и влажности окружающего воздуха. Как правило, для испарителей, охлаждающих воздух, могут быть приняты следующие значения:

$$\Delta t_{возд} = 6–10\ K;\ \Delta\theta_{полн} = 16–20\ K.$$

2. Наличие потерь в компрессоре

Потери в компрессоре возникают из-за трения, наличия мертвого объема, наличия масла в хладагенте, охлаждения встроенного электродвигателя хладагентом и др. Эти потери можно уменьшить, увеличив степень сжатия и температуру сжатого хладагента до 60–70 °С (линия *3–4*, рис. 3.2.9), хотя температура конденсации должна быть около 40 °С.

Разность между температурой конденсации и температурой окружающей среды должна быть как можно меньше, так как снижение температуры конденсации на 1 °С ведет к увеличению холодопроизводительности на 1 %.

3. Снятие перегрева и переохлаждение конденсатора

Учитывая, что для исключения потерь в компрессоре температура хладагента повышена до 60–70 °С, то при конденсации нам необходимо прежде всего снять перегрев и привести хладагент к требуемой температуре конденсации (линия *4–5*, рис. 3.2.9).

На вход конденсатора поступает хладагент в виде перегретого пара с температурой t = 70 °С (точка 4, рис. 3.2.11 и 3.2.12). Воздух, проходящий через конденсатор (в конденсаторах с воздушным охлаждением), охлаждает хладагент при постоянном давлении.

Хладагент начинает конденсироваться и в точке 5 появляются первые капли жидкости. По мере приближения к точке 6 количество жидкой фракции будет увеличиваться, а в точке 6 жидкость



Рис. 3.2.11. Изменение температуры по длине конденсатора

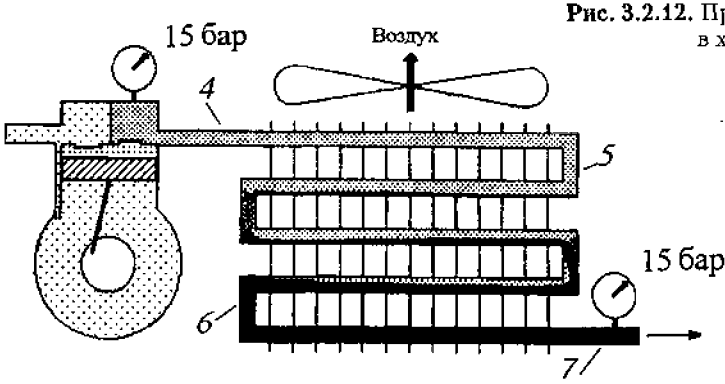


Рис. 3.2.12. Процесс конденсации в холодильной машине

достигнет 100 %. Однако дросселировать газ в этой точке нецелесообразно из-за возможных потерь при дросселировании.

Потери при дросселировании определяются физическими свойствами холодильного агента, а также интервалом температур до и после дросселирования — чем больше интервал, тем больше потери. Поэтому одним из способов снижения потерь является уменьшение этого интервала путем понижения температуры жидкого хладагента перед дросселированием.

Это обеспечивается переохлаждением хладагента в конденсаторе на 5–8 К относительно температуры конденсации. Процесс переохлаждения идет по лини *6–7'* (рис. 3.2.9), а в ряде случаев линия переохлаждения совпадает с пограничной кривой (линия *6–7*).

В точке 7 в кондиционерах давление составляет 15 бар, температура — 32–35 °С. Перепад температур воздуха, охлаждающего конденсатор, составляет 5–10 К. Температура конденсации должна быть на 10–15 К выше температуры окружающей среды.

4. Потери при дросселировании

Хотя в парокомпрессионном цикле работа расширения составляет небольшую часть работы цикла, обеспечить адиабатическое расширение крайне сложно. Поэтому применяют дросселирование с помощью терморегулирующего вентиля (ТРВ) или трубки малого сечения (капиллярной трубки). Дросселирование обеспечивает понижение давления без изменения энтальпии. Однако в процессе дросселирования реальных газов температура понижается меньше, чем при адиабатическом расширении. Это объясняется наличием частичного парообразования за счет выделения теплоты трения в процессе дросселирования. Вследствие этого снижаются полезная работа расширения и холодопроизводительность. Этот необратимый процесс идет с увеличением удельной энтропии. Следовательно, на *T-S* диаграмме (рис. 3.2.9) линия процесса дросселирования пойдет не вертикально вниз (S = const), а наклонно (линия *7–1*).

IBIK

Таким образом, на *T-S* диаграмме парокомпрессионный цикл описывается следующими процессами:

1–2 – отбор тепла от охлаждаемой среды при парообразовании (кипении) хладагента в испарителе при постоянном давлении;

2–3 – отбор тепла от охлаждаемой среды при перегреве газообразного хладагента в испарителе;

3–4 – сжатие хладагента компрессором;

4–5 – снятие перегрева хладагента в конденсаторе;

5–6 – конденсация хладагента;

6–7 или *6–7'* – переохлаждение хладагента;

7–1 или *7'–1* – дросселирование хладагента.

Удельная холодопроизводительность (на 1 кг хладагента) пропорциональна площади *a–1–2–3–d*. Затраченная работа – площади *1–2–3–4–5–6–7'*.

Энергия, отданная конденсатором, пропорциональна сумме вышеуказанных площадей, то есть площади *a–1–7'–6–5–4–3–d*.

Увеличение холодопроизводительности за счет переохлаждения конденсатора равно площади *a–1–1'–b*.

Увеличение холодопроизводительности за счет перегрева хладагента при кипении равно площади *c–2–3–d*.

При всей наглядности прохождения физических процессов в холодильной машине на *T-S* и *P-V* диаграммах производить расчеты по ним не совсем удобно, так как для определения холодопроизводительности и затраченной работы необходимо на диаграмме измерять площади многоугольников. Расчеты обычно производят по энтальпийной диаграмме (*P-I* диаграмма), в которой количество тепла, участвующего в процессах, отображается не площадями, а прямолинейными отрезками.

3.2.3. *P-I* ДИАГРАММА ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛА

При расчетах холодильных машин используют два варианта *P-I* диаграмм. Эти варианты отличаются масштабом оси давления: в одном случае – это *P*, в другом – lg *P*.

Диаграмма *P-I* более точна в области критической точки и применяется, например, для хладагента CO_2, холодильный цикл которого лежит в окрестности критической точки. Для остальных хладагентов, используемых далеко от критической точки, удобнее работать с диаграммой lg *P-I*.

Так как в кондиционерах в основном использовался хладагент R22, рассмотрение lg *P-I* диаграммы будем вести на примере этого хладагента (рис. 3.2.17). В настоящее время идет замена хладагента R22 на альтернативные (R407C, R410A), термодинамические свойства которых аналогичны хладагенту R22.

На lg *P-I* диаграмме по оси абсцисс откладывается удельная энтальпия *I* (кДж/кг). В приведенной диаграмме (3.2.17, *a*) начало координат

IBIK

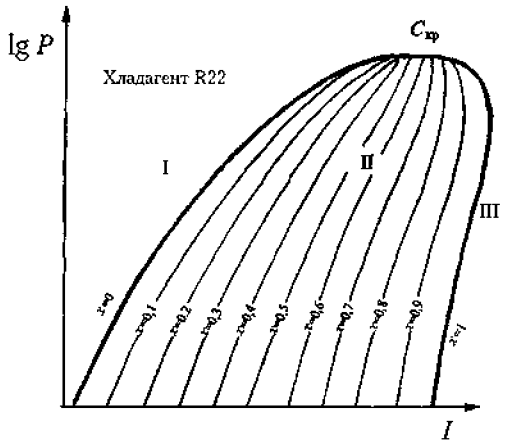


Рис. 3.2.13. Линии постоянной сухости на lg *P-I* диаграмме

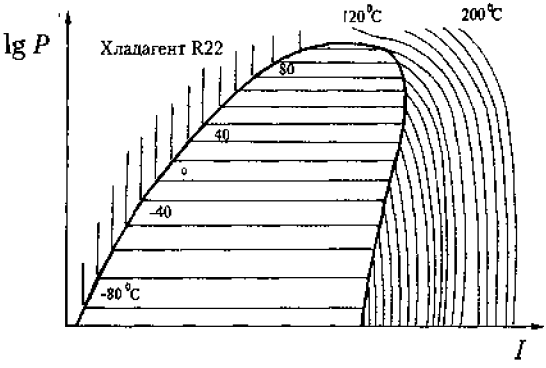


Рис. 3.2.14. Линии постоянной температуры (изотермы) на lg *P-I* диаграмме

обозначено 80 кДж/кг, а удельная энтальпия при температуре 0 °С составляет 200 кДж/кг. В некоторых диаграммах выбраны другие значения энтальпии в этих точках. Однако это не отражается на результатах расчетов, так как важна разность энтальпии двух состояний вещества, а не абсолютное ее значение.

Ось ординат представляет собой логарифмическую шкалу, на которой нанесено значение давления в барах. В центре диаграммы расположена подковообразная линия, верхняя точка которой является критической и обозначена $C_{кр}$. Эта линия разделяет плоскость диаграммы на три области. В области I (рис. 3.2.13) хладагент находится в жидком состоянии, в области II — в парожидкостном (двухфазное состояние), в области III — в состоянии перегретого пара.

В области II проходят кривые x (кривые сухости), отмеченные показателем процентного содержания пара в смеси. Линия x = 0,1 соответствует состоянию газа с 10 % содержанием пара и 90 % содержанием жидкости. Кривые $x = 0$ и $x = 1$ являются пограничными линиями. Линия $x = 0$ — это линия жидкого хладагента, а линия $x = 1$ — это линия пара.

Обратим внимание на характер кривой постоянных значений температуры (рис. 3.2.14). В области I изотерма вертикальна, в области II — горизонтальна, а в области III — сначала криволинейна, а затем стремится стать вертикальной.

На диаграмме также изображены линии постоянного удельного объема (рис. 3.2.15) и линии постоянной энтропии (рис. 3.2.16).

Для точного определения параметров термодинамического процесса пользуются lg *P-I* диаграммами, выпускаемыми заводами-изготовителями хладагента. Как правило, эти диаграммы выполнены в крупном

IBIK

масштабе и очень точно, что позволяет использовать их для расчетов. Кроме того, имеются таблицы состояния хладагента при различных температурах, а также таблицы удельного объема, энтальпии и энтропии хладагента в различных состояниях (на линии насыщения, перегретого пара) (табл. 3.2.1).

Энтальпийная диаграмма для хладагента R22 изображена на рис. 3.2.17, а, и рис. 3.2.17, б. В табл. 3.2.1 приведены термодинамические характеристики хладагента R22 на линии насыщения. Удельный объем, энтальпия и энтропия в состоянии перегретого пара для хладагента R22 приведены в таблицах 3.2.2, 3.2.3, и 3.2.4.

Рассмотрим представленный на lg *P-I* диаграмме теоретический цикл одноступенчатой компрессионной холодильной машины, используемой для кондиционирования воздуха.

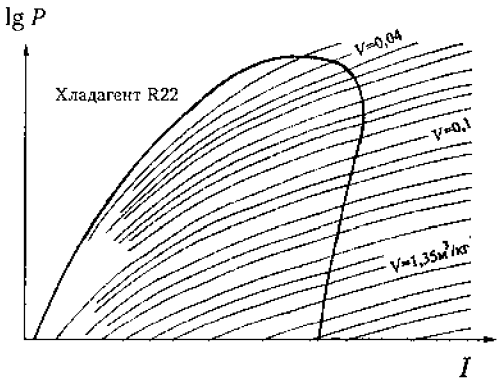


Рис. 3.2.15. Линии постоянного удельного объема на lg *P-I* диаграмме

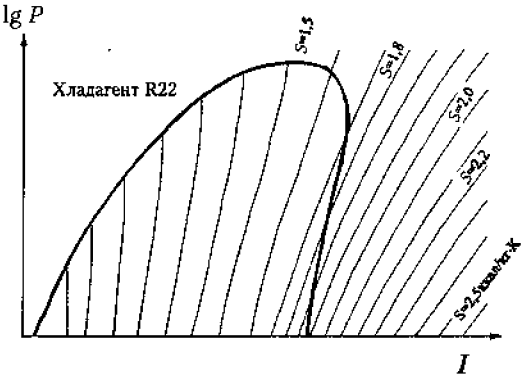


Рис. 3.2.16. Линии постоянной энтропии на lg *P-I* диаграмме

При кондиционировании температура воздуха, подаваемого в помещение от кондиционера, должна быть положительной, а температура конденсации должна быть выше температуры окружающей среды на 10–15 К. Поэтому температуру кипения выбираем +5 °С, а конденсации +40 °С.

На lg *P-I* диаграмме (рис. 3.2.17) проведем линии постоянного давления, соответствующие этим температурам. Это соответственно 5,838 и 15,34 бара (точное значение определяем по таблицам). Термодинамические характеристики хладагента на линии насыщения (точки *2, 5* и *6*) определяем по таблице 3.2.1.

Рассмотрим процессы, происходящие в холодильных машинах систем кондиционирования.

Изотермическое парообразование

Как было показано ранее, процесс изотермического парообразования в холодильном цикле идет по линии *1–2*, а затем продолжается до

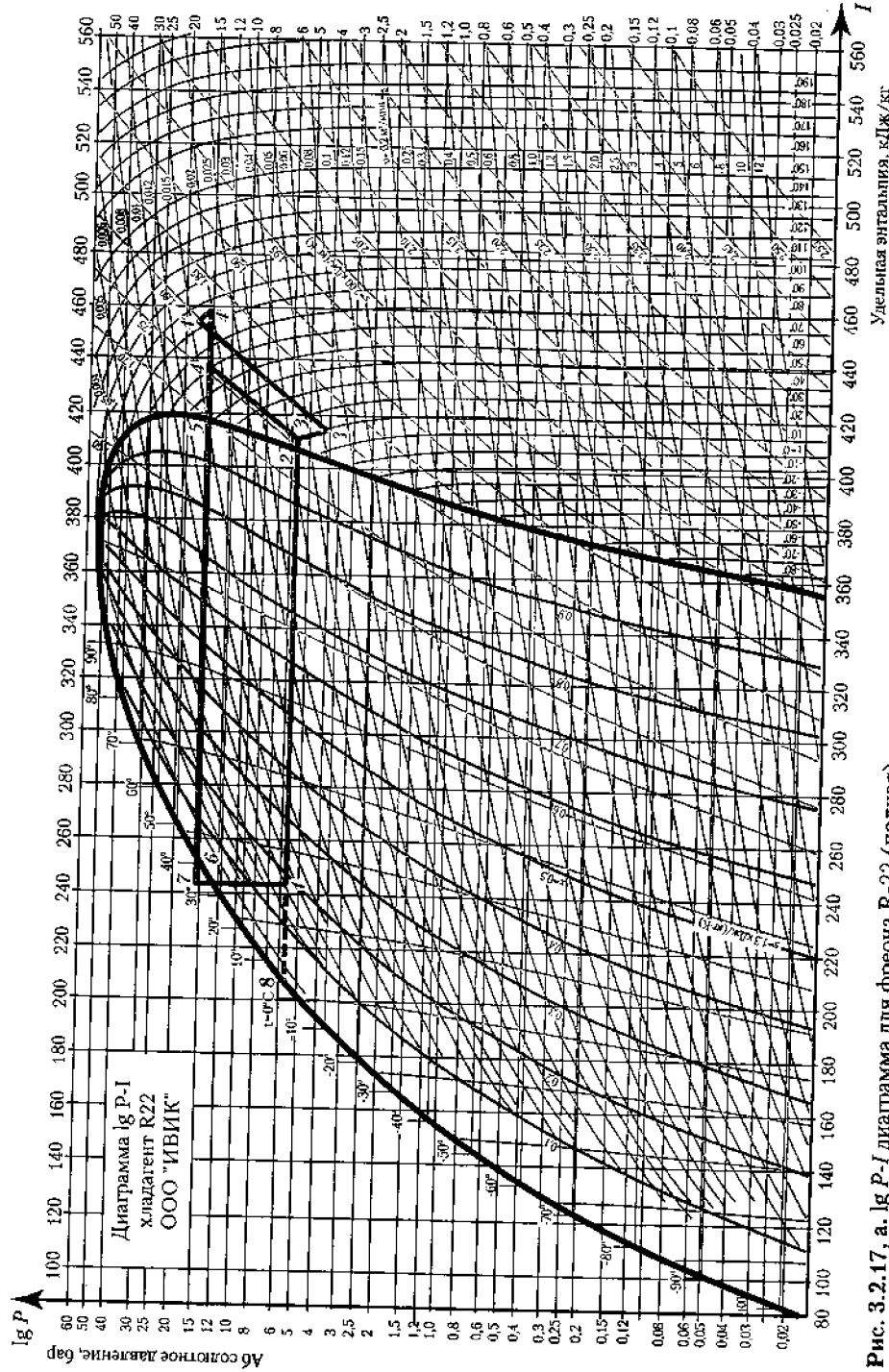


Рис. 3.2.17, а. lg *P-I* диаграмма для фреона R-22 (полная)

IBIK

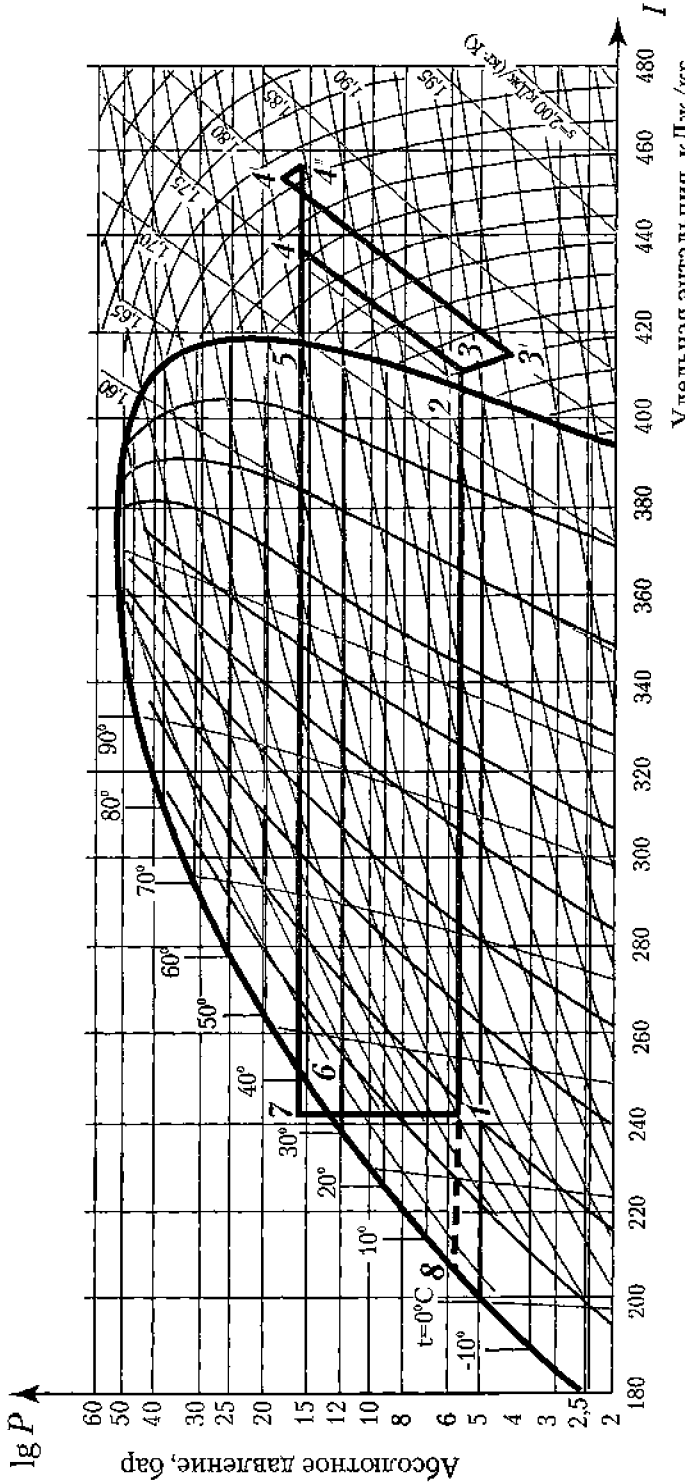


Рис. 3.2.17, б. lg *P-I* диаграмма для фреона R-22 (фрагмент)

IBIK

точки *3* (перегрев испарителя для исключения влажного хода компрессора).

Примем величину перегрева 5 К. Тогда точка *3* будет характеризоваться давлением $P = 5{,}838$ бара и температурой $t = +10$ °С. По таблице энтальпии перегретого пара (табл. 3.2.3) находим энтальпию при +5 °С (с учетом перегрева +5 °С) $I_3 = 410{,}9$ кДж/кг.

Энтропию и удельный объем в точке *3* находим также по таблицам 3.2.4 и 3.2.2:

$$S_3 = 1{,}758 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}; \; V = 41{,}46 \text{ дм}^3/\text{кг}.$$

Изоэнтропийное сжатие

Хладагент сжимается до давления $P = 15{,}34$ бара (точка *4*) по линии $S = \text{const}$. Точка *4* лежит на пересечении линий $P_4 = 15{,}34$ бара и $S_4 = 1{,}758$. По таблице энтропии в состоянии перегретого пара (таблица 3.2.4) находим, что для указанных P и S перегрев относительно температуры насыщения в точке *5* составляет +20 К. Так как температура хладагента в точке *5* составляет 40 °С, то в точке *4* соответственно $t_4 = 40+20 = 60$ °С; $V_4 = 17{,}25$ дм^3/кг.

Из-за потерь давления на входе компрессор должен производить всасывание при давлении ниже давления испарения (участок *3–3′*), а из-за потерь давления на выходе компрессор должен сжимать хладагент до давлений выше давления конденсации (участок *4′–4″*). Необходимость компенсации перечисленных потерь увеличивает работу сжатия (линия *3′–4′*) и снижает эффективность цикла.

Отметим, что изоэнтропийное сжатие можно определить только при идеально теплоизолированном компрессоре. Так как ни один компрессор не может быть идеален, при расчете необходимо вносить поправки.

Конденсация

Конденсация состоит из трех процессов: снятия перегрева, конденсации и переохлаждения.

Из точки *4″* по линии *4″–5* идет процесс предварительного охлаждения (снятие перегрева) хладагента, а по линии *5–6* — процесс конденсации. Отрезок *6–7* есть переохлаждение хладагента в конденсаторе. Напомним, что процесс переохлаждения необходим для обеспечения конденсации всего хладагента в конденсаторе и повышения эффективности дросселирования.

Примем переохлаждение равным 5 К, тогда точка *7* будет характеризоваться параметрами $P_7 = 15{,}34$; $t_7 = 35$ °С; $I_7 = 242{,}0$ кДж/кг.

Энтропия в этой части диаграммы не указана. Но это не играет роли, так как нас интересуют значения энтальпии.

IBIK

Изоэнтальпийное расширение

Этот процесс идет по линии *7–1* при постоянной энтальпии.

Параметры точки *1* находим, исходя из того, что P_1 = 5,838, а $I_1 = I_7$ = =242,0 кДж/кг. S_7 и V_7 находим по таблицам: S_7 = 1,021 и V_7 = 0,788 дм^3/м.

Результаты занесем в таблицу.

Точка	$P_{абс.}$	t, °С	I, кДж/кг	S, кДж/кг К	$V_{уд}$, дм^3/кг	ρ, кг/м^3	Агрегатное состояние
8	5,838	+5	205,91	1,021	0,788	1267,0	жидк.
1	5,838	+5	242,0	1,021	0,788	1267,0	парожидк.
2	5,838	+5	407,15	1,745	40,36	24,777	пар
3	5,838	+10	410,9	1,758	41,46	24,119	перегр. пар
4	15,34	+60	435,0	1,758	17,25	57,97	перегр. пар
5	15,34	+40	416,6	1,699	15,14	66,05	пар
6	15,34	+40	249,81	1,116	0,883	1131,0	жидк.
7	15,34	+35	242,00	1,021	0,788	1131,0	жидк.

Таким образом, мы можем количественно оценить все термодинамические процессы в холодильной машине.

1. Количество тепла, отобранного хладагентом в процессе изотермического преобразования жидкого хладагента в парообразный (скрытая теплота парообразования при давлении P = 5,838 бара) или холодопроизводительность холодильного цикла на 1 кг хладагента:

$$i_2 - i_1 = 407{,}15 - 242{,}0 = 165{,}15 \text{ кДж/кг.}$$

2. Энтальпия перегрева между точками *2–3* составляет:

$$i_3 - i_2 = 410{,}9 - 407{,}15 = 3{,}75 \text{ кДж/кг.}$$

3. Количество энергии, которое нужно подвести для сжатия хладагента из состояния *3* в состояние *4*, составляет:

$$i_4 - i_3 = 435{,}0 - 410{,}9 = 24{,}1 \text{ кДж/кг.}$$

4. Количество тепла, выделяемое хладагентом в процессе конденсации, составляет:

$$i_4 - i_7 = 435{,}0 - 242{,}0 = 193{,}0 \text{ кДж/кг.}$$

Кроме того, можно вычислить скрытую теплоту конденсации между точками *5* и *6*:

$$i_{скр} - i_5 - i_6 = 416{,}6 - 249{,}81 = 166{,}79 \text{ кДж/кг.}$$

Эта теплота конденсации равна теплоте парообразования между точками *5–6* и указана в таблице 3.2.1.

Теплота переохлаждения жидкости (*6–7*) равна:

$$i_6 - i_7 = 249{,}81 - 242{,}0 = 7{,}81 \text{ кДж/кг.}$$

Холодопроизводительность холодильной машины $Q_{пол}$ равна:

$$Q_{пол} = M(i_2 - i_1),$$

IBIK

где M — количество хладагента, прошедшее через испаритель за единицу времени.

Работа сжатия, или затраченная энергия, равна:

$$Q_{зат} = M\,(i_4 - i_3),\ \text{кДж/с}.$$

Холодильный коэффициент равен:

$$\varepsilon = \frac{i_2 - i_1}{i_4 - i_3}.$$

Холодильный цикл, показанный на рисунке 3.2.17, не учитывает реального политропного сжатия (потерь в компрессоре, потерь напора в трубопроводах и арматуре). Потому ход линии сжатия в lg *P-I* диаграмме показан без соблюдения реального масштаба линией *3'-4'*, чтобы ярче отметить характер изменения.

Таблица 3.2.1. Характеристики хладагента R22 на линии насыщения

Температура t, °С	Давление абсолютное, бар	Давление избыточное, бар	Удельный объем		Плотность		Энтальпия, кДж/кг		Теплота парообразования Δh, кДж/кг	Энтропия, кДж/(кг·К)	
			жидкости v', дм³/кг	пара v'', м³/кг	жидкости ρ', кг/дм³	пара ρ'', кг/м³	жидкости h'	пара h''		жидкости s'	пара s''
−100	0,020	−0,993	0,636	8,008	1,570	0,124	95,87	359,35	263,48	0,5310	2,0526
−90	0,048	−0,965	0,647	3,581	1,545	0,279	105,32	364,23	258,91	0,5840	1,9976
−80	0,104	−0,909	0,658	1,763	1,519	0,567	114,90	369,15	254,25	0,6349	1,9512
−70	0,205	−0,808	0,669	0,9409	1,493	1,062	124,66	374,08	249,42	0,6841	1,9118
−65	0,279	−0,734	0,675	0,7055	1,479	1,417	129,62	376,54	246,92	0,7082	1,8944
−60	0,374	−0,639	0,682	0,5372	1,466	1,861	134,63	378,98	244,35	0,7320	1,8783
−55	0,494	−0,519	0,688	0,4148	1,452	2,410	139,71	381,41	241,70	0,7555	1,8634
−50	0,943	−0,370	0,695	0,3246	1,438	3,080	144,85	383,81	238,96	0,7788	1,8496
−45	0,827	−0,186	0,702	0,2570	1,424	3,891	150,05	386,18	236,13	0,8081	1,8367
−41	1,002	−0,011	0,707	0,2149	1,412	4,653	154,27	388,05	233,78	0,8200	1,8270
−40	1,049	+0,036	0,709	0,2057	1,409	4,861	155,32	388,52	233,20	0,8245	1,8247
−35	1,317	+0,304	0,716	0,1664	1,395	6,009	160,66	390,82	230,16	0,8471	1,8135
−30	1,635	+0,622	0,724	0,1358	1,380	7,363	166,07	393,07	227,00	0,8695	1,8030
−25	2,010	+0,997	0,432	0,1119	1,365	8,936	171,55	395,27	223,72	0,8917	1,7932
−20	2,448	+0,435	0,740	0,09284	1,349	10,771	177,10	397,42	220,32	0,9137	1,7840
−15	2,957	+1,944	0,749	0,07763	1,334	12,881	182,71	399,51	216,80	0,9355	1,7753
−10	3,543	+2,530	0,758	0,06534	1,317	15,304	188,40	401,53	213,13	0,9572	1,7670
−5	4,213	+3,200	0,768	0,05534	1,301	18,070	194,16	403,48	209,32	0,9787	1,7592
0	4,976	+3,963	0,778	0,04714	1,284	21,213	200,00	405,36	205,36	1,0000	1,7518
5	5,838	+4,825	0,788	0,04036	1,267	24,777	205,91	407,15	201,24	1,0212	1,7447
10	6,807	+5,794	0,800	0,03471	1,250	28,810	211,90	408,86	196,96	1,0423	1,7378
15	7,891	+6,878	0,811	0,02999	1,231	33,344	217,98	410,47	192,49	1,0632	1,7312
20	9,099	+8,086	0,824	0,02600	1,213	38,461	224,14	411,97	187,83	1,0841	1,7248
25	10,44	+9,427	0,837	0,02262	1,193	44,208	230,40	413,36	182,96	1,1049	1,7185
30	11,92	+10,90	0,851	0,01974	1,173	50,658	236,75	414,62	177,87	1,1256	1,7123
35	13,55	+12,53	0,867	0,01727	1,153	57,903	243,22	415,73	172,51	1,1463	1,7061
40	15,34	+14,32	0,883	0,01514	1,131	66,050	249,81	416,69	166,88	1,1670	1,6999
45	17,29	+16,27	0,902	0,01328	1,108	75,301	256,54	417,45	160,91	1,1878	1,6935
50	19,42	+18,40	0,921	0,01167	1,084	85,689	263,43	418,01	154,58	1,2087	1,6870
55	21,74	+20,72	0,944	0,01025	1,059	97,560	270,51	418,31	147,80	1,2297	1,6801
60	24,27	+23,25	0,968	0,009001	1,032	111,098	277,81	418,30	140,49	1,2511	1,6728
65	27,00	+25,98	0,997	0,007887	1,003	126,790	285,38	417,93	132,55	1,2728	1,6648
70	29,96	+28,94	1,030	0,006889	0,970	145,158	293,30	417,07	123,77	1,2952	1,6559
75	33,16	+32,14	1,069	0,005983	0,935	167,140	301,65	415,59	113,94	1,3185	1,6456
80	36,62	+35,60	1,118	0,005149	0,894	194,212	310,74	413,22	102,48	1,3432	1,6334
85	40,37	+39,35	1,183	0,004358	0,845	229,463	320,85	409,45	88,60	1,3704	1,6178
90	44,43	+43,41	1,282	0,003564	0,780	280,583	332,99	403,03	70,04	1,4027	1,5956
95	48,83	+47,81	1,521	0,002551	0,657	392,003	352,17	387,12	34,95	1,4535	1,5484
96	49,77	+48,75	1,906	0,001906	0,524	524,658	368,38	368,38	0,00	1,4970	1,4970

IBIK

Таблица 3.2.2. Удельный объем хладагента R22 в состоянии перегретого пара

Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Удельный объем, дм³/кг													
		Перегрев, К													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
−100	0,02	8015,0	8248,0	8481,0	8714,0	8946,0	9179,0	9411,0	9876,0	10340,0	10810,0	11270,0	11730,0	12200,0	12660,0
−90	0,05	3583,0	3682,0	3781,0	3880,0	3979,0	4078,0	4177,0	4374,0	4571,0	4769,0	4966,0	5163,0	5360,0	5556,0
−80	0,10	1764,0	1811,0	18,58,0	1904,0	1951,0	1997,0	2044,0	2137,0	2229,0	2322,0	2415,0	2507,0	2600,0	2692,0
−70	0,21	941,5	965,5	989,6	1014,0	1037,0	1061,0	1085,0	1133,0	1180,0	1228,0	1275,0	1323,0	1370,0	1417,0
−65	0,28	705,8	723,6	741,4	759,1	776,7	794,4	812,0	847,1	882,1	917,0	951,9	986,7	1021,0	1056,0
−60	0,37	537,4	550,8	564,1	577,4	590,7	603,9	617,1	643,5	669,7	695,9	722,0	748,0	774,1	800,0
−55	0,49	415,0	425,2	435,4	445,6	455,7	465,8	475,9	496,0	515,9	535,9	555,7	575,5	595,3	615,0
−50	0,64	324,7	332,6	340,6	348,4	356,3	364,1	371,9	387,4	402,9	418,3	433,6	448,9	464,1	479,4
−45	0,83	257,1	263,4	269,6	275,8	282,0	288,1	294,2	306,4	318,5	330,6	342,6	354,5	366,5	378,4
−41	1,00	215,0	220,2	225,4	230,6	235,7	240,9	246,0	256,1	266,1	276,2	286,1	296,0	305,9	315,8
−40	1,05	205,8	210,8	215,8	220,7	225,7	230,6	235,4	245,1	254,7	264,3	278,8	283,3	292,7	302,2
−35	1,32	166,5	170,5	174,5	178,5	182,5	186,4	190,4	198,2	205,9	213,6	221,2	228,8	236,4	243,9
−30	1,63	135,9	139,2	142,5	145,8	149,0	152,2	155,4	161,8	168,1	174,3	180,5	186,7	192,8	198,9
−25	2,01	111,9	114,6	117,4	120,1	122,7	125,4	128,0	133,3	138,4	143,6	148,7	153,7	158,7	163,7
−20	2,45	92,87	95,17	97,45	99,71	101,9	104,2	106,4	110,7	115,0	119,3	123,5	127,7	131,8	136,0
−15	2,96	77,64	79,60	81,52	83,43	85,31	87,18	89,03	92,68	96,29	99,85	103,4	106,9	110,3	113,8
−10	3,54	65,35	67,02	68,67	70,29	71,90	73,48	75,05	78,15	81,20	84,22	87,19	90,14	93,07	95,97
−5	4,21	55,35	56,79	58,21	59,60	60,98	62,34	63,69	66,34	68,95	71,51	74,05	76,56	79,04	81,50
0	4,97	47,14	48,40	49,63	50,84	52,04	53,21	54,38	56,66	58,91	61,11	63,29	65,43	67,56	69,67
5	5,84	40,36	41,46	42,54	43,60	44,65	45,67	46,59	48,67	50,62	52,53	54,41	56,27	58,10	59,91
10	6,81	34,72	35,69	36,65	37,58	38,50	39,40	40,29	42,04	43,74	45,40	47,04	48,65	50,24	51,82
15	7,89	29,99	30,87	31,71	32,54	33,36	34,16	34,94	36,48	37,98	39,44	40,87	42,29	43,68	45,05
20	9,10	26,01	26,79	27,56	28,30	29,02	29,74	30,44	31,80	33,13	34,42	35,69	36,93	38,16	39,36
25	10,44	22,63	23,34	24,03	24,71	25,35	25,99	26,62	27,84	29,03	30,18	31,30	32,40	33,49	34,55
30	11,92	19,74	20,40	21,03	21,64	22,24	22,81	23,37	24,47	25,53	26,56	27,56	28,55	29,51	30,46
35	13,55	17,27	17,88	18,46	19,02	19,56	20,08	20,59	21,58	22,54	23,47	24,37	25,25	26,11	26,96
40	15,33	15,14	15,70	16,24	16,75	17,25	17,73	18,20	19,10	19,97	20,81	21,62	22,41	23,19	23,95
45	17,29	13,29	13,82	14,32	14,80	15,26	15,70	16,13	16,95	17,74	18,51	19,25	19,96	20,67	21,35
50	19,42	11,97	12,17	12,65	13,09	13,52	13,94	14,33	15,10	15,81	16,51	17,18	17,84	18,47	19,10
55	21,74	10,25	10,74	11,19	11,61	12,01	12,40	12,77	13,47	14,13	14,77	15,39	15,98	16,57	17,13
60	24,26	9,002	9,471	9,902	10,30	10,68	11,04	11,39	12,05	12,66	13,25	13,82	14,36	14,89	15,41
65	27,00	7,888	8,351	8,769	9,155	9,516	9,857	10,18	10,80	11,37	11,91	12,43	12,94	13,43	13,90
70	29,96	6,890	7,355	7,765	8,138	8,483	8,808	9,116	9,692	10,23	10,73	11,21	11,68	12,13	12,57
75	33,16	5,984	6,461	6,870	7,234	7,568	7,878	8,171	8,715	9,218	9,691	10,13	10,57	10,98	11,39
80	36,62	5,151	5,658	6,070	6,429	6,752	7,051	7,330	7,846	8,319	8,762	9,172	9,576	9,963	10,34

Таблица 3.2.3. Энтальпия хладагента R22 в состоянии перегретого пара

Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Энтальпия, кДж/кг													
		Перегрев, К													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
−100	0,02	359,3	361,8	364,4	366,9	369,5	372,1	374,8	380,2	385,7	391,3	397,1	403,0	409,0	415,1
−90	0,05	364,2	366,8	369,4	372,0	374,7	377,3	380,1	385,6	391,3	397,0	402,9	409,0	415,1	421,4
−80	0,10	369,1	371,8	374,5	377,2	379,9	382,6	385,4	391,1	396,9	402,8	408,8	415,0	421,3	427,7
−70	0,21	274,1	376,8	379,5	382,3	385,1	388,0	390,8	396,7	402,6	408,6	414,8	421,1	427,5	434,0
−65	0,28	276,5	379,3	382,1	384,9	387,8	390,6	393,5	399,4	405,4	411,6	417,8	424,2	430,6	437,2
−60	0,37	279,0	381,8	384,6	387,5	390,4	393,3	396,2	402,2	408,3	414,5	420,8	427,2	433,8	440,4
−55	0,49	381,4	374,3	387,1	390,1	393,0	396,0	398,9	405,0	411,2	417,4	423,8	430,3	436,9	443,7
−50	0,64	383,8	386,7	389,6	392,6	395,6	398,6	401,6	404,8	414,0	420,4	426,8	433,4	440,1	446,9
−45	0,83	386,2	389,1	392,1	395,1	398,2	401,2	404,3	410,5	416,9	423,3	429,8	436,5	443,2	450,1
−41	1,00	388,1	391,1	394,1	397,1	400,2	403,3	406,4	412,7	419,1	425,6	432,2	439,0	445,8	452,7
−40	1,05	388,5	391,5	394,6	397,6	400,7	403,8	406,9	413,3	419,7	426,2	432,8	439,6	446,4	453,3
−35	1,32	390,8	393,9	397,0	400,1	403,2	406,4	409,6	416,0	422,5	429,1	435,8	442,6	449,6	456,6
−30	1,63	393,1	396,2	399,4	402,5	405,7	408,9	412,2	418,7	425,3	432,0	438,8	445,7	452,7	459,8
−25	2,01	395,3	398,5	401,7	404,9	408,2	411,5	414,7	421,4	428,1	434,9	441,8	448,7	445,8	463,0
−20	2,45	397,4	400,7	404,0	407,3	410,6	413,9	417,3	424,0	430,8	437,7	444,7	451,8	458,9	466,2
−15	2,96	399,5	402,9	406,2	409,6	413,0	416,4	419,8	426,6	433,6	440,6	447,6	454,8	462,0	469,4
−10	3,54	401,5	405,0	408,4	411,9	415,3	418,8	422,2	429,2	436,3	443,4	450,5	457,8	465,1	472,5
−5	4,21	403,5	407,0	410,5	414,1	417,6	421,1	424,7	431,8	438,9	446,1	453,4	460,8	468,2	475,7
0	4,97	405,4	409,0	412,6	416,2	419,8	423,4	427,0	434,3	441,5	448,9	456,2	463,7	471,2	478,8
5	5,84	407,1	410,9	414,6	418,3	422,0	425,6	429,3	436,7	444,1	451,6	459,1	466,6	474,2	481,9
10	6,81	408,9	412,7	416,5	420,3	424,1	427,8	431,6	439,1	446,7	454,2	461,8	469,5	477,2	485,0
15	7,89	410,5	414,4	418,3	422,2	426,1	429,9	433,8	441,5	449,2	456,8	464,6	472,3	480,2	488,0
20	9,10	412,0	416,0	420,1	424,1	428,0	432,0	435,9	443,8	451,6	459,4	467,3	475,2	483,1	491,0
25	10,44	413,4	417,6	421,7	425,8	429,9	434,0	438,0	446,0	454,0	462,0	469,9	477,9	486,0	494,0
30	11,92	414,6	419,0	423,3	427,5	431,7	435,9	440,0	448,2	456,3	464,4	472,5	480,7	488,8	497,0
35	13,55	415,7	420,3	424,7	429,1	433,4	437,7	441,9	450,3	458,6	466,9	475,1	483,3	491,6	499,9
40	15,33	416,7	421,4	426,0	430,6	435,0	439,4	443,8	452,3	460,8	469,2	477,6	486,0	494,4	502,8
45	17,29	417,5	422,4	427,2	431,9	436,5	441,0	455,5	454,3	462,9	471,5	480,1	486,6	497,1	505,6

IBIK

продолжение **табл. 3.2.3.**

Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Удельный объем, дм³/кг													
		Перегрев, К													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
45	17,29	417,5	422,4	427,2	431,9	436,5	441,0	455,5	454,3	462,9	471,5	480,1	486,6	497,1	505,6
50	19,42	418,0	423,2	428,2	433,1	437,9	442,5	447,1	456,2	465,0	473,8	482,5	491,1	499,7	508,4
55	21,74	418,3	423,8	429,1	434,2	439,1	443,9	448,7	458,0	467,0	475,9	484,8	493,6	502,4	511,1
60	24,26	418,3	424,2	429,7	435,1	440,2	445,2	450,1	459,6	468,9	478,0	487,1	496,0	504,9	513,8
65	27,00	417,9	424,3	430,2	435,8	441,1	446,3	451,4	461,2	470,8	480,1	489,3	498,4	507,4	516,4
70	29,96	417,1	424,0	430,3	436,3	441,9	447,3	452,6	462,7	472,5	482,0	491,4	500,7	509,9	519,0
75	33,16	415,6	423,3	430,2	436,5	442,4	448,1	453,6	464,0	474,1	483,9	493,4	502,9	512,2	521,5
80	36,62	413,2	422,2	429,7	436,5	442,8	448,7	454,4	465,3	475,6	485,6	495,4	505,0	514,5	524,0

Таблица 3.2.4. Энтропия хладагента R22 в состоянии перегретого пара

Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Энтропия, кДж/(кг·К)													
		Перегрев, К													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
-100	0,02	2,503	2,067	2,081	2,095	2,108	2,121	2,135	2,161	2,186	2,211	2,235	2,259	2,282	2,305
-90	0,05	1,998	2,011	2,025	2,038	2,052	2,065	2,078	2,103	2,128	2,152	2,176	2,199	2,222	2,245
-80	0,10	1,951	1,965	1,978	1,991	2,004	2,017	2,030	2,054	2,079	2,103	2,126	2,149	2,171	2,194
-70	0,21	1,912	1,925	1,938	1,951	1,964	1,976	1,989	2,013	2,037	2,061	2,084	2,106	2,128	2,150
-65	0,28	1,895	1,908	1,921	1,933	1,946	7,958	1,971	1,995	2,019	2,042	2,065	2,087	2,109	2,131
-60	0,37	1,878	1,891	1,904	1,917	1,930	1,942	1,954	1,978	2,002	2,025	2,048	2,070	2,092	2,113
-55	0,49	1,863	1,876	1,889	1,902	1,914	1,927	1,939	1,963	1,986	2,009	2,032	2,054	2,076	2,097
-50	0,64	1,850	1,863	1,875	1,888	1,900	1,912	1,925	1,948	1,972	1,994	2,017	2,039	2,061	2,082
-45	0,83	1,837	1,850	1,862	1,875	1,887	1,899	1,911	1,935	1,958	1,981	2,003	2,025	2,047	2,068
-41	1,00	1,827	1,840	1,853	1,865	1,877	1,889	1,901	1,925	1,948	1,971	1,993	2,015	2,036	2,058
-40	1,05	1,825	1,838	1,850	1,863	1,875	1,887	1,899	1,923	1,946	1,968	1,991	2,012	2,034	2,055
-35	1,32	1,814	1,826	1,839	1,851	1,864	1,876	1,888	1,911	1,934	1,957	1,979	2,001	2,022	2,043
-30	1,63	1,803	1,816	1,828	1,841	1,853	1,865	1,877	1,901	1,924	1,946	1,968	1,990	2,011	2,032
-25	2,01	1,793	1,806	1,819	1,831	1,843	1,855	1,867	1,891	1,914	1,936	1,958	1,980	2,001	2,022
-20	2,45	1,784	1,797	1,809	1,822	1,834	1,845	1,858	1,882	1,904	1,927	1,949	1,970	1,991	2,012
-15	2,96	1,775	1,788	1,801	1,813	1,826	1,838	1,850	1,873	1,896	1,918	1,940	1,962	1,983	2,003
-10	3,54	1,767	1,780	1,793	1,805	1,818	1,830	1,842	1,865	1,888	1,910	1,932	1,954	1,975	1,995
-5	4,21	1,759	1,772	1,785	1,798	1,810	1,822	1,834	1,858	1,880	1,903	1,925	1,946	1,967	1,988
0	4,97	1,752	1,765	1,778	1,790	1,803	1,815	1,827	1,851	1,873	1,896	1,918	1,939	1,960	1,981
5	5,84	1,745	1,758	1,771	1,784	1,796	1,808	1,820	1,844	1,867	1,889	1,911	1,933	1,953	1,974
10	6,81	1,738	1,751	1,764	1,777	1,790	1,802	1,814	1,838	1,861	1,883	1,905	1,926	1,947	1,968
15	7,89	1,731	1,745	1,758	1,771	1,784	1,796	1,808	1,832	1,855	1,878	1,899	1,921	1,942	1,962
20	9,10	1,725	1,739	1,752	1,765	1,778	1,790	1,803	1,827	1,850	1,872	1,94	1,916	1,936	1,957
25	10,44	1,719	1,733	1,746	1,759	1,772	1,785	1,797	1,821	1,845	1,867	1,889	1,911	1,932	1,952
30	11,92	1,712	1,727	1,740	1,754	1,767	1,780	1,792	1,816	1,840	1,862	1,885	1,906	1,927	1,947
35	13,55	1,706	1,721	1,735	1,749	1,762	1,775	1,787	1,812	1,835	1,858	1,880	1,902	1,923	1,943
40	15,33	1,700	1,715	1,729	1,743	1,757	1,770	1,783	1,807	1,831	1,854	1,873	1,897	1,919	1,939
45	17,29	1,694	1,709	1,724	1,738	1,752	1,765	1,778	1,803	1,827	1,850	1,872	1,894	1,915	1,935
50	19,42	1,687	1,703	1,718	1,733	1,747	1,760	1,773	1,799	1,823	1,846	1,868	1,890	1,911	1,932
55	21,74	1,680	1,697	1,713	1,727	1,742	1,756	1,769	1,794	1,819	1,842	1,865	1,886	1,908	1,928
60	24,26	1,673	1,690	1,707	1,722	1,727	1,751	1,764	1,790	1,815	1,838	1,861	1,883	1,904	1,925
65	27,00	1,665	1,683	1,701	1,717	1,732	1,746	1,760	1,786	1,811	1,835	1,858	1,880	1,901	1,922
70	29,96	1,656	1,676	1,694	1,711	1,726	1,741	1,755	1,782	1,807	1,831	1,854	1,876	1,898	1,919
75	33,16	1,646	1,668	1,687	1,705	1,721	1,736	1,751	1,778	1,804	1,828	1,851	1,873	1,895	1,916
80	36,62	1,634	1,659	1,680	1,698	1,715	1,731	1,746	1,774	1,800	1,824	1,848	1,870	1,892	1,913

IBIK

3.2.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН ПО lg *P-I* ДИАГРАММЕ

Исследуя реальный холодильный цикл путем измерения параметров в определенных точках холодильной машины, можно оценить отклонения lg *P-I* диаграммы от нормы и, исходя из этого, определить характер неисправности холодильной машины. Практически измеряют температуру и давление в характерных точках холодильной машины, ток двигателя компрессора, перегрев испарителя, переохлаждение конденсатора.

Ниже приведены несколько примеров отклонения lg *P-I* диаграммы от нормы и причины этих отклонений (неисправности).

Высокое давление конденсации

Причинами повышенного давления при воздушном охлаждении конденсатора могут быть:

- отсутствие обдува конденсатора;
- высокая наружная температура.

Причинами повышенного давления при водяном охлаждении могут быть:

- недостаточное количество охлаждающей воды;
- высокая температура охлаждающей воды.

Для обоих типов охлаждения:

- загрязнение или частичная закупорка конденсатора;
- наличие в системе воздуха или неконденсирующихся газов.

1. На рис. 3.2.18 показана lg *P-I* диаграмма при "слабом" конденсаторе, не обеспечивающем необходимой теплоотдачи.

Характерными отклонениями lg *P-I* диаграммы и признаками являются:

- повышение давления конденсации;
- повышение температуры нагнетания;
- повышение температуры испарения (незначительное);
- уменьшение перепада температуры воздуха, проходящего через конденсатор;
- увеличение рабочего тока компрессора;
- появление пузырьков газа в жидкой фракции хладагента (наблюдается в смотровом стекле на жидкостной линии);
- повышение температуры головки компрессора;
- возможны пульсации температуры на выходе ТРВ.

Неисправности, которые могут возникнуть вследствие "слабого" конденсатора:

- отказ компрессора;
- снижение холодопроизводительности;
- перегрев компрессора.

IBIK

Таблица 3.2.5. Изменение параметров при "слабом" конденсаторе

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Повышается
Давление испарения, P_0	Повышается незначительно
Температура нагнетания, $T_н$	Повышается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Повышается незначительно
Перегрев, SH	Без изменений
Переохлаждение, SC	Без изменений
Коэффициент сжатия, $P_к/P_0$	Увеличивается
Объемная производительность, V	Повышается незначительно
Холодопроизводительность, q	Понижается
Тепловой эквивалент работы компрессора: Aw	Повышается

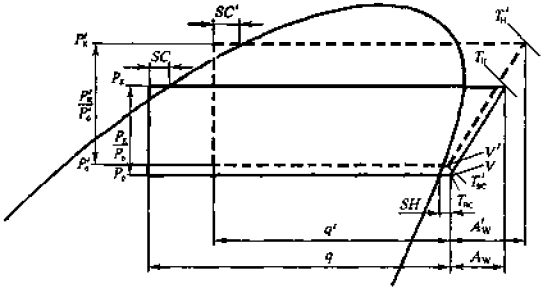


Рис. 3.2.18. lg *P-I* диаграмма при "слабом" конденсаторе

2. Второй причиной повышения давления конденсации может быть перезаправка холодильной машины хладагентом.

Характерными отклонениями при перезаправке хладагентом являются (рис. 3.2.19):

- повышение давления конденсации;
- повышение температуры нагнетания;
- повышение переохлаждения.

Неисправности, которые могут возникнуть при перезаправке холодильной машины:

- отказ компрессора;
- срабатывание датчика высокого давления;
- перегрев компрессора.

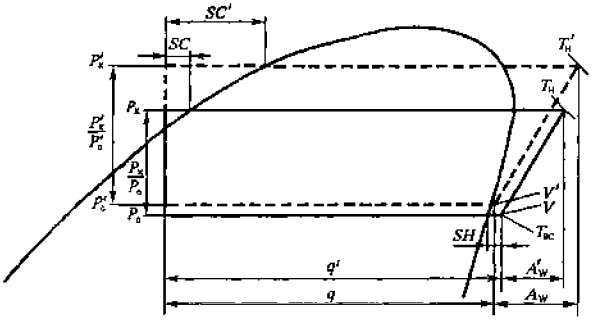


Рис. 3.2.19. lg *P-I* диаграмма при перезаправке холодильной машины хладагентом

IBIK

Таблица 3.2.6. *Изменение параметров при перезаправке холодильной машины хладагентом*

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Повышается
Давление испарения, $P_о$	Повышается незначительно
Температура нагнетания, $T_н$	Повышается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Без изменений
Перегрев, SH	Повышается незначительно
Переохлаждение, SC	Повышается
Коэффициент сжатия, $P_к/P_о$	Увеличивается
Объемная производительность, V	Повышается незначительно
Холодопроизводительность, q	Без изменений
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Повышается

Низкое давление испарения

Причинами низкого давления испарения могут быть:

- недостаточное количество хладагента (недозаправка или утечка хладагента);
- недостаточно хладагента проходит через регулятор подачи хладагента (ТРВ или капиллярную трубку).

1. При недостаточном количестве хладагента lg *P-I* диаграмма примет вид, показанный на рис. 3.2.20.

Характерными отклонениями lg *P-I* диаграммы являются:

- снижение давления испарения;
- снижение или отсутствие переохлаждения.

Неисправности, которые могут возникнуть при недостаточном количестве хладагента:

- срабатывание датчика низкого давления;
- отказ компрессора;
- снижение холодопроизводительности;
- уменьшение рабочего тока компрессора.

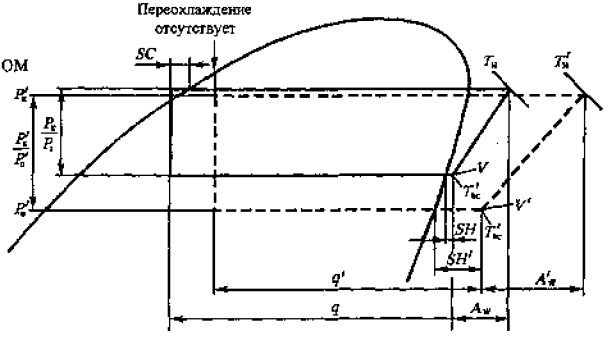


Рис. 3.2.20. lg *P-I* диаграмма при недостаточном количестве хладагента

Таблица 3.2.7. Изменение параметров при недостаточном количестве хладагента

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Понижается незначительно
Давление испарения, P_0	Понижается
Температура нагнетания, $T_н$	Повышается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Повышается
Перегрев, SH	Повышается
Переохлаждение, SC	Понижается
Коэффициент сжатия, $P_к/P_0$	Повышается
Объемная производительность, V	Повышается
Холодопроизводительность, q	Понижается
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Повышается незначительно

2. Недостаточное количество хладагента (рис. 3.2.21), проходящее через регулятор потока, приводит к:

- снижению давления испарения;
- повышению переохлаждения.

Причинами этого может быть:

- засорение фильтров, влагопоглотителя, регулятора потока;
- неправильная настройка или неисправность ТРВ.

Неисправности, которые могут возникнуть при недостаточном количестве хладагента, проходящем через регулятор потока:

- срабатывание датчика низкого давления;
- отказ компрессора;
- снижение холодопроизводительности;
- уменьшение рабочего тока компрессора.

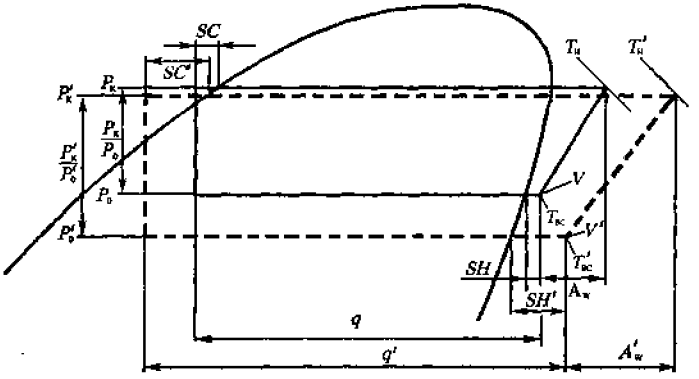


Рис. 3.2.21. lg *P-I* диаграмма при недостаточном количестве хладагента, проходящего через регулятор потока

Таблица 3.2.8. Изменение параметров при недостаточном количестве хладагента, проходящего через регулятор потока

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Понижается незиачительно
Давление испарения, P_0	Понижается
Температура нагнетания, $T_н$	Повышается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Повышается
Перегрев, SH	Повышается
Переохлаждение, SC	Повышается
Коэффициент сжатия, $P_к/P_0$	Повышается
Объемная производительность, V	Повышается
Холодопроизводительность, q	Повышается
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Повышается

Высокое давление конденсации и испарения

При использовании терморегулирующего вентиля

Слишком большой поток хладагента, проходящий через вентиль, приводит к повышению давления испарения (рис. 3.2.22).

Причины могут быть следующими:

- неточно отрегулирован ТРВ;
- неправильно установлен термобаллон.

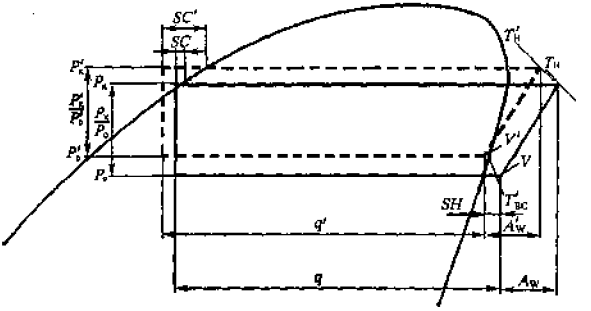


Рис. 3.2.22. lg *P-I* диаграмма при неправильной настройке ТРВ

Таблица 3.2.9. Изменение параметров при неправильной настройке ТРВ

Изменение параметров	
Давление коиденсации, $P_к$	Повышается
Давление испарения, P_0	Повышается
Температура нагнетания, $T_н$	Понижается
Температура всасываиия, $T_{вс}$	Без изменений
Перегрев, SH	Понижается
Переохлаждение, SC	Повышается
Коэффициент сжатия, $P_к/P_0$	Понижается незиачительно
Объемная производительность, V	Понижается
Холодопроизводительность, q	Понижается
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Понижается незначительио

IBIK

Неисправности, которые могут возникнуть из-за избыточного количества хладагента в установке, использующей ТРВ в качестве регулятора потока хладагента:

- отказ компрессора;
- снижение холодопроизводительности;
- уменьшение рабочего тока компрессора;
- срабатывание датчика высокого давления.

При использовании капиллярной трубки

Слишком большой поток хладагента, проходящий через капиллярную трубку, приводит к повышению давления испарения (рис. 3.2.23). Причина — избыточное количество хладагента в установке. Неисправности, которые могут возникнуть из-за избыточного количества хладагента в установке с капиллярной трубкой в качестве регулятора потока хладагента:

- отказ компрессора;
- снижение холодопроизводительности;
- уменьшение рабочего тока компрессора;
- срабатывание датчика высокого давления.

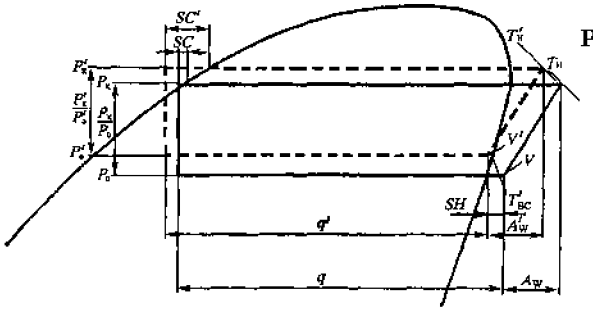


Рис. 3.2.23. lg *P-I* диаграмма при большом потоке хладагента, проходящего через капиллярную трубку

Таблица 3.2.10. Изменение параметров при большом потоке хладагента, проходящего через капиллярную трубку

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Повышается
Давление испарения, P_0	Повышается
Температура нагнетания, $T_н$	Понижается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Без изменений
Перегрев, *SH*	Понижается
Переохлаждение, *SC*	Повышается
Коэффициеит сжатия, $P_к/P_0$	Понижается незначительно
Объемная производительность, *V*	Понижается
Холодопроизводительиость, *q*	Без изменений
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Понижается незначительно

IBIK

Низкое давление испарения ("слабый" испаритель)

Падение давления испарения может происходить из-за того, что в испарителе не происходит достаточный теплообмен (рис. 3.2.24).

Причины могут быть следующие:

- недостаточный поток воздуха проходит через испаритель;
  - а) засорен воздушный фильтр;
  - б) соскальзывает ремень вентилятора;
  - в) вентилятор испарителя вращается в обратную сторону;
  - г) засорен испаритель.
- низкая температура воздуха на входе в испаритель.

Неисправности, которые могут возникнуть при низком давлении испарения:

- срабатывание датчика низкого давления;
- отказ компрессора;
- снижение холодопроизводительности;
- уменьшение рабочего тока компрессора.

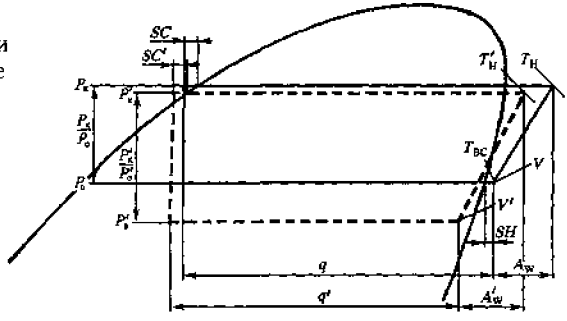


Рис. 3.2.24. lg *P-I* диаграмма при "слабом" испарителе

Таблица 3.2.11. Изменение параметров при "слабом" испарителе

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Понижается незначительно
Давление испарения, $P_о$	Понижается
Температура нагнетания, $T_н$	Понижается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Понижается
Перегрев, *SH*	Понижается
Переохлаждение, *SC*	Без изменений
Коэффициент сжатия, $P_к/P_о$	Повышается
Объемная производительность, *V*	Повышается
Холодопроизводительность, *q*	Понижается
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Повышается незначительно

IBIK

Снижение переохлаждения

Перегрузка по отбору холода (повышенный теплоприток) может вызывать повышение давления испарения (рис. 3.2.25, табл. 3.2.12).

Причины перегрузки могут быть следующие:

- работа установки в условиях постоянного отбора холода (повышенный теплоприток);
- неправильный подбор оборудования (недостаточная холодопроизводительность).

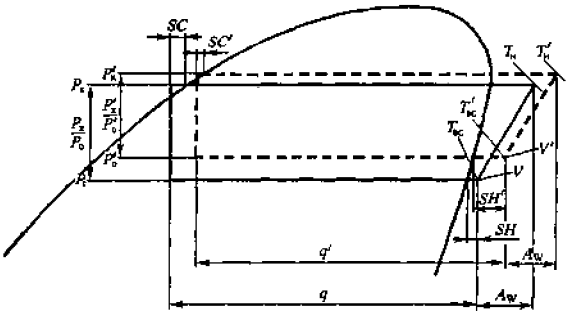


Рис. 3.2.25. lg *P-I* диаграмма при повышенных теплопритоках

Таблица 3.2.12. Изменение параметров при повышенных теплопритоках

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Повышается незначительно
Давление испарения, P_0	Повышается
Температура нагнетания, $T_н$	Повышается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Повышается
Перегрев, *SH*	Повышается
Переохлаждение, *SC*	Понижается
Коэффициент сжатия, $P_к/P_0$	Понижается
Объемная производительность, *V*	Понижается
Холодопроизводительность, *q*	Без изменений
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Повышается незначительно

Низкое давление конденсации и высокое давление испарения

На рис. 3.2.26 представлен случай, когда давление конденсации ниже нормы, в то время как давление испарения превышает допустимое значение. Подобное может происходить из-за неисправности компрессора (клапана на нагнетании или на всасывании).

IBIK

Рис. 3.2.26. lg *P-I* диаграмма при неисправности компрессора

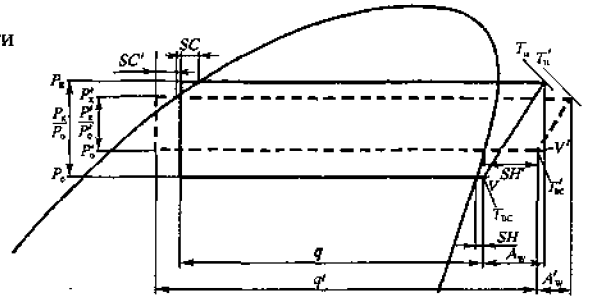


Таблица 3.2.13. Изменение параметров при неисправности компрессора

Изменение параметров	
Давление конденсации, $P_к$	Понижается
Давление испарения, P_0	Повышается
Температура нагнетания, $T_н$	Повышается
Температура всасывания, $T_{вс}$	Повышается
Перегрев, *SH*	Повышается
Переохлаждение, *SC*	Без изменений
Коэффициент сжатия, $P_к/P_0$	Понижается
Объемная производительность, *V*	Понижается
Холодопроизводительность, *q*	Повышается [1]
Тепловой эквивалент работы компрессора, A_w	Повышается незначительно

[1] Несмотря на то, что коэффициент сжатия понижается, холодопроизводительность увеличивается благодаря тому, что цикл сжатия в компрессоре сокращается.

3.2.5. *T-S* И *P-I* ДИАГРАММЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ ЦИКЛОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ

С целью повышения энергетической эффективности холодильных циклов применяют многокомпонентные хладагенты. Многокомпонентный хладагент может проявлять свои свойства аналогично однокомпонентному, не разделяясь в процессе холодильного цикла на составляющие. Такой многокомпонентный хладагент называется ***азеотропным***. Если в холодильном цикле каждая из составляющих многокомпонентного хладагента ведет себя как чистое вещество, независимо от наличия других хладагентов, такой хладагент называется ***неазеотропным***. С помощью неазеотропных хладагентов можно получать многотемпературные холодильные машины. Так, французский ученый Л. Филипп предложил использовать смесь фреонов R12 и R22 для получения двухтемпературных уровней в одной холодильной машине. Смеси с тройной ограниченной растворимостью для трехтемпературной машины предложил использовать А. Лавочкин.

IBIK

В [37] описана каскадная установка со смешанным холодильным агентом, состоящим из четырех углеводородов. Холодильный цикл имеет понижающуюся температуру кипения и адекватен четырем холодильным циклам, соединенным в каскадную схему. Каждый из хладагентов смеси имеет свои температуры кипения и испарения, но процессы происходят в одном холодильном контуре и хладагенты сжимаются одним компрессором.

Большой вклад в исследования многокомпонентных хладагентов внесли Р. Хейвуд [30], советские исследователи М. Боярский, В. Лапшин, Г. Лавренченко, В. Никольский, В. Ягодин.

Термостатирование с несколькими температурными уровнями используется и для бытовых холодильных машин. Так, В. Никольским и др. были предложены новый способ получения холода с несколькими уровнями термостатирования (А. с. №1035354, СССР), а также холодильные агенты, позволяющие реализовать этот способ (А. с. № 1033523, 1039944, 1028705, СССР). Сущность способа заключается в том, что в качестве высокотемпературного испарителя применяют регенеративный теплообменник "труба в трубе", а компоненты, входящие в состав холодильного агента, имеют разные температуры испарения (рис. 3.2.27).

Полное ожижение смеси происходит при растворении парообразных хладагентов, кипящих при более низких температурах, в жидких хладагентах, кипящих при более высоких температурах. В качестве хладагентов, кипящих при более низких температурах, используют фреоны R13 и R22, а при более высоких – R12, R318B2 и R142.

Хорошие результаты получены на следующих составах хладагентов:

1) 10–15 % фреона R13, 10–15 % – R22, 20–70 % – R318B2, остальное – R12;

2) 5–35 % фреона R22, 25–75 % – R142, 5–45 % – CO_2, остальное – R12.

Предложенный способ, многокомпонентный хладагент и конструкция холодильного агрегата, реализующие этот способ, позволили снизить удельное потребление энергии бытовыми холодильниками на 25–40 %.

Смеси хладагентов на основе предельных углеводородов (А. с. № 1028705, СССР) по холодопроизводительности несколько лучше, чем описанные выше. Однако из-за их пожаро-

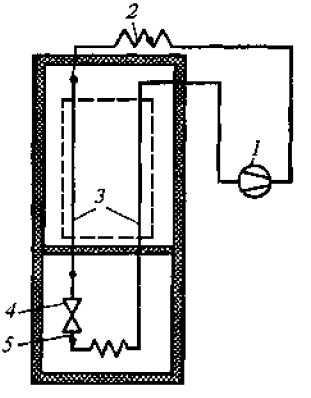


Рис. 3.2.27. Схема одноступенчатой двухтемпературной компрессионной холодильной машины:
1 – компрессор; *2* – конденсатор; *3* – регенеративный испаритель; *4* – капиллярная трубка; *5* – низкотемпературный испаритель

IBIK

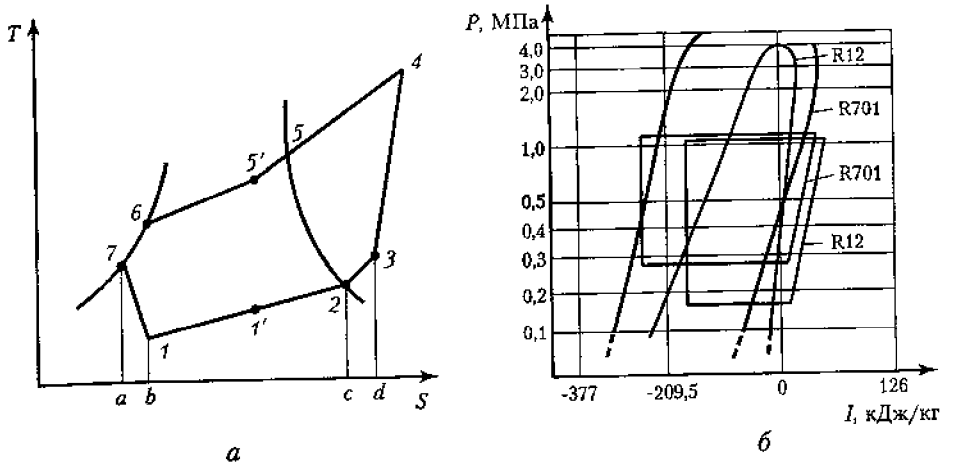


Рис. 3.2.28. Холодильный цикл на многокомпонентном хладагенте:
а – T-S диаграмма; *б* – lg *P-I* диаграмма

опасности они пока не нашли широкого применения в массовом производстве бытовых холодильников.

На рис. 3.2.27 показана схема одноступенчатой двухтемпературной компрессионной машины, работающей на многокомпонентном хладагенте. Машина состоит из компрессора *1*, конденсатора *2*, регенеративного теплообменника *3*, дросселя *4* и испарителя *5*. В низкотемпературной камере испаритель обеспечивает температуру от –18 до –24 °С, а в высокотемпературной камере в качестве испарителя регенеративный теплообменник обеспечивает температуру от 0 до +5 °С. Получение холода в одноступенчатой двухтемпературной компрессионной холодильной машине осуществляется следующим образом. Находящееся в парообразном состоянии рабочее вещество сжимается в компрессоре *1* и поступает в конденсатор *2*. Процесс сжатия смеси соответствует линии *3–4* (рис. 3.2.28, *а*). В конденсаторе сжатое рабочее вещество охлаждается, отдавая тепло в окружающую среду. Вследствие отвода тепла от паров рабочего вещества компоненты фреонов, кипящие при более высокой температуре (фреоны R318B2 и R12), конденсируются, т. е. рабочее вещество частично сжижается до образования парожидкостной смеси (линия *4–5–5'*).

Далее осуществляется полное ожижение рабочего вещества растворением компонентов, кипящих при более низких температурах (фреоны R22 и R13), в сжиженных компонентах (линия *5'–6*). Ожиженное рабочее вещество (прямой поток) переохлаждается в регенеративном теплообменнике *3* (рис. 3.2.27) парожидкостной эмульсией (обратный поток), образовавшейся за счет частичного испарения рабочего вещества в испарителе *5* (линия *6–7*). Затем рабочее вещество дросселируется (линия *7–1*) и поступает в испаритель *5*. Здесь хладагент кипит,

IBIK

теплота, необходимая для кипения, отнимается от охлаждаемого тела (камеры), вследствие чего температура камеры понижается до −24 °С. При этом осуществляется процесс частичного испарения (линия *1–1'*, рис. 3.2.28, *а*), когда испаряется большая часть компонентов с более низкой температурой кипения (R13 и часть фреона R22). После выхода парожидкостной эмульсии из испарителя *5* заканчивается испарение фреона R22 и начинается испарение рабочего вещества с более высокой температурой кипения (R12 и R318B2).

Процесс полного испарения рабочего вещества осуществляется в регенеративном теплообменнике *3* (линия *1'– 2*), где необходимая для кипения теплота отнимается от прямого потока. Образовавшиеся пары рабочего вещества отсасываются компрессором для сжатия, и цикл холодильной машины замыкается. Эти же процессы изображены на lg *P-I* диаграмме (рис. 3.2.28, *б*) для фреона R12 и многокомпонентного хладагента R701.

Предложенный способ получения холода в одноступенчатой холодильной машине позволяет получить полное ожижение рабочего вещества при меньшем давлении конденсации, что уменьшает, в свою очередь, отношение давления нагнетания к давлению всасывания и обеспечивает увеличение удельной холодопроизводительности. Кроме того, уменьшение отношения давления нагнетания к давлению всасывания позволяет повысить КПД компрессора за счет снижения в нем энергетических потерь.

Из *T-S* диаграммы (рис. 3.2.28, *а*) видно, что холодопроизводительность цикла на многокомпонентном хладагенте выше, чем цикла на однокомпонентном хладагенте. Из lg *P-I* диаграммы (рис. 3.2.28, *б*) следует, что коэффициент подачи (отношение давления на входе к давлению на выходе) компрессора на многокомпонентном хладагенте меньше, что повышает его КПД и, следовательно, уменьшает удельное энергопотребление.

T-S диаграмма холодильного цикла многокомпонентного хладагента принципиально отличатся от диаграммы однокомпонентного хладагента: процессы испарения и конденсации происходят при изменяющейся температуре.

3.2. ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ

3.3.1. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛАДАГЕНТОВ

С помощью холодильного агента осуществляется холодильный цикл. Это возможно благодаря тому, что хладагент при одном и том же давлении может изменять свою температуру за счет изменения агрегатного состояния.

IBIK

Испаряясь в испарителе, хладагент отбирает тепло из охлаждаемого объема, затем после сжатия компрессором и перехода в жидкое состояние отдает это тепло окружающей среде.

Для создания эффективного холодильного цикла хладагент должен обладать следующими термодинамическими свойствами:

1. Иметь высокую удельную энтальпию, так как холодопроизводительность холодильной машины прямо пропорциональна энтальпии.
2. При атмосферном давлении хладагент должен иметь температуру кипения, обеспечивающую требуемую температуру в охлаждаемом объеме.
3. Для получения высоких значений холодильного коэффициента необходимо, чтобы потребляемая мощность компрессора была как можно меньше, а это значит, что давление конденсации должно быть как можно ниже.
4. Хладагент должен иметь высокую теплопроводность, небольшие плотность и вязкость. В этом случае гидравлические потери на трение, местные сопротивления и затраты энергии на циркуляцию хладагента в холодильном контуре будут малы.
5. Хладагент должен хорошо растворяться в масле, обеспечивая смазку компрессора и возврат масла из холодильного контура.
6. Хладагент не должен быть электропроводным.
7. Хладагент должен быть экологически чистым.
8. Эксплутационные расходы должны быть небольшие. Это зависит от следующих параметров хладагента:
   - термохимической стабильности;
   - технологичности эксплуатации;
   - степени горючести и взрывоопасности;
   - стоимости.

Вещество, которое отвечало бы всем перечисленным требования, найти практически невозможно. Поэтому при подборе хладагента исходят из основных определяющих требований, предъявляемых к конкретной холодильной машине.

Длительное время основными хладагентами были аммиак (NH_3), углекислый газ (CO_2) и двуокись серы (SO_2). Но в 1930 г. в США был создан хладагент, который по своим характеристикам на тот период казался идеальным. Этот хладагент — дихлордифторметан (Cl_2F_2C) — получил торговую марку "фреон" и буквенное обозначение R12 *. В дальнейшем был получен ряд новых хладагентов, основанных на фторхлоруглеродах. Все они получили обозначение R и цифры, зависящие от химического состава (R CDU), где C (сотни) — число атомов углерода в химическом составе, уменьшенное на единицу; D (де-

* R — refrigerant (хладагент)

IBIK

сятки) — число атомов водорода, увеличенное на единицу; U (единицы) — число атомов фтора.

Так, Cl_2F_2C должен иметь обозначение R012 (записывается R12), CHF_2Cl — R022 (записывается R22), $C_2F_4Cl_2$ — R114.

Если в молекуле имеется бром, то появляется буква B, за которой следует число атомов брома: CF_3Br — R13B1.

Органическим соединениям присвоена серия 600, а номер хладагентов в пределах серии устанавливается по мере их регистрации. Неорганическим соединениям присвоена серия 700, а номер определяется молекулярной массой хладагента. Например, аммиак (NH_3) имеет следующее обозначение: $14(N) + 3(H_3) = 17$, т. е. R717.

Хладагенты, состоящие из нескольких разных молекул, могут вести себя как чистое вещество (азеотропные) или как механическая смесь с независимыми компонентами (неазеотропные).

Неазеотропным хладагентам присвоена серия 400 с произвольным номером для каждого хладагента, азеотропным — серия 500.

В азеотропных смесях в условиях термодинамического равновесия состав жидкой и паровой фаз одинаков, температуры кипения и конденсации при постоянном давлении не изменяются, а давления в точках росы и кипения совпадают.

В неазеотропных смесях в условиях термодинамического равновесия состав жидкой и паровой фаз неодинаков, из-за чего при постоянном давлении их температура меняется в ходе изменения агрегатного состояния (испарения и конденсации).

3.3.2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛАДАГЕНТОВ

В настоящее время в технической литературе появилась тенденция обозначать хладагент аббревиатурой, характеризующей воздействие этого хладагента на окружающую среду. Отрицательное влияние определяется тем, насколько эти хладагенты активно участвуют в образовании парникового эффекта и разрушают озоновый слой, расположенный вокруг Земли.

Парниковый эффект возникает вследствие того, что некоторые газы земной атмосферы задерживают инфракрасное излучение Земли. Явление парникового эффекта позволяет поддерживать на Земле температуру, при которой возможно развитие растительного и животного мира. Естественный парниковый эффект происходит благодаря парам воды, содержащимся в воздухе. Искусственный парниковый эффект связан с рассеиванием в пространстве продуктов деятельности человека. Это, прежде всего, продукты сгорания топлива и хлорсодержащие хладагенты. Воздействие последних на создание искусственного

IBIK

парникового эффекта во много тысяч раз выше воздействия двуокиси углерода из-за их длительного периода жизни (R11 — 60 лет, R12 — 120 лет, R115 — 250 лет).

Второй эффект — ***разрушение озонового слоя Земли*** — связан с выделением хлора. Озон, находящийся в стратосфере, защищает Землю от ультрафиолетового излучения Солнца, а хлор разрушает этот защитный экран Земли. Одна молекула хлора разрушает до 100 тысяч молекул озона. Если учесть, что фторхлоруглероды производятся в объеме более 1,1 млн тонн в год и около 30 % их излучается в пространство, можно представить, к каким губительным последствиям может привести дальнейшее производство этих веществ. Поэтому на ряде международных конференций (Вена, 1985; Монреаль, 1987; Киото, 1997) было принято решение об уменьшении производства хлорсодержащих хладагентов, и замене их озонобезопасными хладагентами. На международном совещании в Копенгагене (ноябрь, 1992) было принято решение о прекращении производства озоноразрушающих хладагентов R11, R12, R502. СССР подписал Монреальский протокол, а в 1991 году Россия, Украина и Беларусь подтвердили преемственность этого решения.

Экологическая чистота определяется потенциалом разрушения озона (Ozone Depletion Potential — ODP) и потенциалом глобального потепления (Global Warming Potential — GWP).

ODP определяется наличием атомов хлора в молекуле хладагента. Для R11 и R12 ODP принят за единицу. GWP принят за единицу для CO_2 с временным горизонтом 100 лет.

В настоящее время хладагенты обозначают по группам, характеризующим их воздействие на окружающую среду.

В группу CFC (ХФУ — хлорфторуглероды) включены наиболее опасные хладагенты с высокой озоноразрушающей активностью. Так, в эту группу входят: хладагент R11, содержащий три атома хлора ($CFCl_3$); R12, содержащий 2 атома хлора (CF_2Cl_2).

В группу HCFC (ГХФУ — гидрохлорфторуглероды) включены хладагенты с низкой озоноразрушающей активностью воздействия на окружающую среду. Например, R142B (CH_3–$CClF_2$), R22 (CF_2ClH).

Безвредные хладагенты, не содержащие хлора, включены в группу HFC (ГФУ — гидрофторуглероды). Например, R134a, химическая формула $C_2H_2F_4$. В эту же группу входят альтернативные хладагенты, разработка которых ведется во многих развитых странах.

Альтернативные хладагенты могут быть чистыми веществами и смесями веществ. В смесевых неазеотропных хладагентах процессы кипения и конденсации идут при разных температурах: сначала испаряется вещество с более высокой температурой кипения, затем — с более низкой. Изменение температуры кипения при постоянном давлении получило название температурного "глайда" (Δt_{gl}).

IBIK

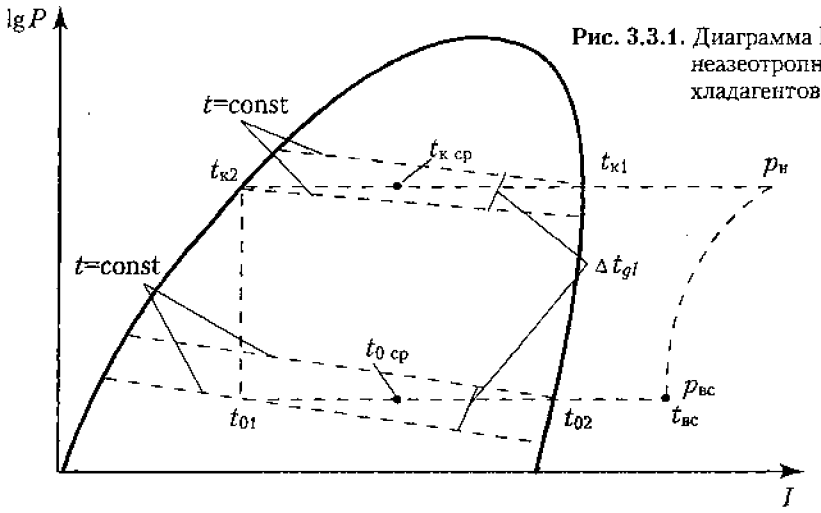


Рис. 3.3.1. Диаграмма lg *P-I* для неазеотропных хладагентов

Чем опасно это явление? При работе с хладагентами, имеющими температурный "глайд", нельзя определить температуру хладагента в испарителе или конденсаторе по показаниям манометров, так как нет однозначности в соотношении "температура — давление".

Диаграмма lg *P-I* для неазеотропных хладагентов имеет вид, представленный на рис. 3.3.1.

В процессе испарения и конденсации температура меняется. Кипение при постоянном давлении происходит с увеличением температуры от t_{01} до t_{02}, а конденсация — с падением температуры от $t_{к1}$ до $t_{к2}$. Температуры конденсации и кипения определяют как средние значения:

$$t_{кср} = \frac{t_{к1} - t_{к2}}{2}; \quad t_{0ср} = \frac{t_{02} - t_{01}}{2}. \qquad (3.3.1)$$

Перегрев всасываемого пара вычисляют как разность между температурой пара $t_{вс}$ на входе в компрессор и температурой точки росы t_{02} при давлении всасывания $p_{вс}$. Переохлаждение жидкости вычисляют как разность между действительной температурой жидкости и температурой точки конца конденсации $t_{к2}$ при давлении $p_н$.

Точка росы указывает температуру паров в конце испарения или в начале конденсации ($t_{к1}$ и t_{02}). Точка вскипания представляет собой температуру жидкости в начале испарения или в конце конденсации (t_{01} и $t_{к2}$).

Рассмотрим состояние хладагентов R12 и смеси HCFC, имеющей температурный "глайд" 7 К. На рис. 3.3.2 показаны процессы в испарителях, работающих на R12 и HCFC.

Для хладагента R12 при давлении на выходе испарителя (манометр низкого давления) 3,5 бара (таблица 3.3.1) температура кипения

IBIK

Таблица 3.3.1. Температура хладагента в испарителе с R12 и HCFC

P_0(бар)	R12	HCFC	
	t_0, °C	t_{01}, °C	t_{02}, °C
3,5	−6	−11	−4

составляет −6 °C. Это означает, что в испарителе в течение всего процесса испарения температура жидкости остается −6° С.

Для смеси HCFC при том же давлении на входе в испаритель хладагент имеет температуру вскипания −11 °C (t_{01}). По мере продвижения по испарителю температура хладагента повышается, достигая −4 °C (t_{02}). В обоих случаях после этого температура паров на выходе из испарителя повышается в результате одного и того же перегрева (6 К), достигаемого в месте крепления термобаллона ТРВ.

Температуры на конденсаторах приведены в таблице 3.3.2 и на рис. 3.3.3.

При давлении 10,0 бар, показываемом манометром ВД, температура конденсации R12 равна 45 °C. Это означает, что парожидкостная смесь R12 остается при температуре 45 °C в течение всего процесса конденсации. Температура смеси при том же давлении в начале конденсатора составляет 50 °C, а далее, по мере продвижения по конденсатору, температура падает, достигая 43 °C в точке, где сконденсируется последняя молекула пара. В обоих случаях сконденсировавшаяся жидкость переохлаждается на одну и ту же величину (5 К).

Таблица 3.3.2. Температура хладагента в конденсаторе с R12 и HCFC

$P_к$ (бар)	R12	HCFC	
	$t_к$, °C	$t_{к1}$, °C	$t_{к2}$, °C
10,0	45	50	43

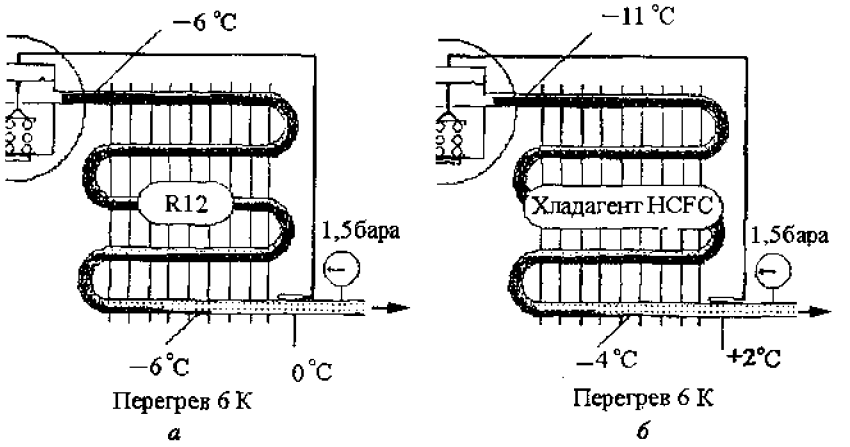


Рис. 3.3.2. Состояние азеотропного (*а*) и неазеотропного (*б*) хладагентов в испарителе

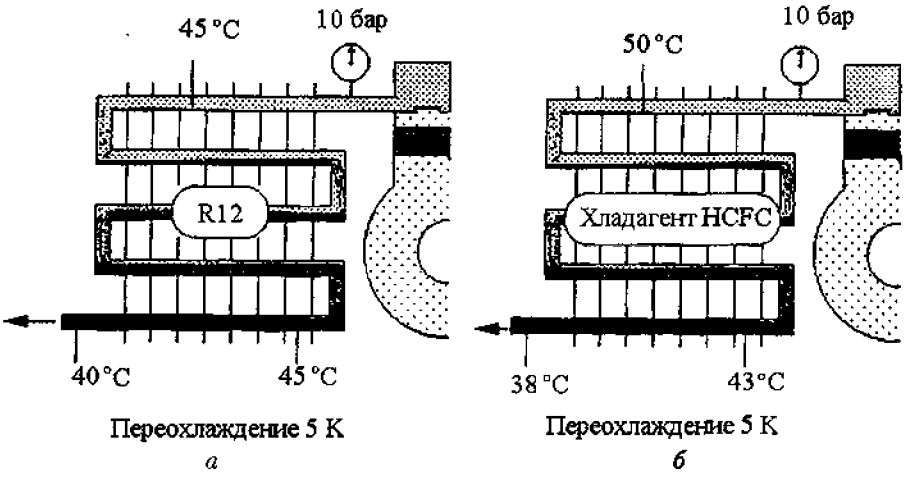


Рис. 3.3.3. *а* – состояние азеотропного и *б* — неазеотропного хладагентов в конденсаторе

Внешне можно ошибочно посчитать, что перегрев составляет 2 – (–11)=13 °С вместо действительного 6 °С или переохлаждение повышено 50 – 38 = 12 °С вместо действительного 5 °С.

Из-за ошибочного понимания явлений наладчики или ремонтники могут принять неправильные решения по наладке холодильной установки.

Таким образом, неазеотропные хладагенты имеют свои преимущества и недостатки. Так, с одной стороны, в системах с неазеотропными хладагентами холодильный коэффициент повышается, а, с другой стороны, интенсивность теплообмена неазеотропных веществ снижается, что приводит к увеличению размеров конденсатора и испарителя.

Следующий недостаток неазеотропных хладагентов — изменение состава хладагента в контуре при появлении утечек. При наличии небольших утечек составляющие неазеотропных веществ испаряются и удаляются из холодильного контура непропорционально, при этом увеличивается взрыво- и пожароопасность составляющих компонентов и требуется добавление компонентов, снижающих их опасность.

Минеральное масло плохо растворяется в неазеотропных хладагентах. Поэтому используют синтетические масла. Минеральные и синтетические масла при смешивании образуют нерастворимые остатки, которые могут привести к забиванию ТРВ, капиллярных трубок, четырехходовых клапанов. Поэтому при работе с неазеотропными хладагентами необходимо соблюдать следующее.

1. При расчете холодильных машин учитывать температурный "глайд" и его влияние на габариты теплообменников.
2. Для смазки применять синтетические масла.

IBIK

3. Не применять неазеотропные смеси в установках с затопленными испарителями.
4. Заполнять холодильный контур только жидким хладагентом.
5. При утечке хладагента не допускается дозаправка системы. Необходимо удалить хладагент из системы и заправить новой порцией хладагента.
6. Синтетическое масло гигроскопично, поэтому емкости с маслом должны быть открыты минимальное время.
7. Иметь отдельный инструмент для заправки и измерения холодильных систем с неазеотропными хладагентами.

3.3.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ХЛАДАГЕНТОВ

3.3.3.1. ХЛАДАГЕНТЫ С ВЫСОКОЙ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩЕЙ АКТИВНОСТЬЮ (CFC)

К этой группе относятся хлорфторуглероды R11, R12, R13, R114, R115, R502, R12B1, R13B1 и другие.

Хладагент R11

Химическая формула	$CFCl_3$
Озоноразрушающая активность, ODP	1,0
Потенциал глобального потепления, GWP	1,0
Относительная молекулярная масса	137,368
Температура плавления, °С	–110,45
Температура кипения, °С	–23,65
Критическая температура, °С	198,0
Критическое давление, МПа	4,37
Критическая плотность, кг/м^3	570,2

Хладагент R11 применяется в холодильных машинах с температурой кипения до –20 °С, в промышленных кондиционерах, турбокомпрессорах средних и больших мощностей, а также для промывки холодильных машин. Для организма человека — безвреден; невзрывоопасен, неограниченно растворяется в минеральном масле. Обезвоженный хладагент (массовая доля влажности 0,0025 %) нейтрален ко всем металлам, кроме магния. Производство прекращено с 1.01.1996 года.

Хладагент R12

Химическая формула	F_2Cl_2C
Озоноразрушающая активность, ODP	0,9–1,0
Потенциал глобального потепления, GWP	8500
Относительная молекулярная масса	120,914
Температура плавления, °С	–155,95
Температура кипения, °С	–29,74
Критическая температура, °С	112,0
Критическое давление, МПа	4,119
Критическая плотность, кг/м^3	579,1

IBIK

Таблица 3.3.3. Характеристика хладагента R12 на линии насыщения

Температура, °С	Абсолютное давление, бар	Удельный объем, м³/кг		Плотность, кг/м³		Удельная энтальпия, кДж/кг		Удельная теплота парообразования, кДж/кг	Удельная энтропия, кДж/кг·К	
		жидкости	пара	жидкости	пара	жидкости	пара		жидкости	пара
−50	0,391	0,648	383,537	1543,674	2,607	155,1	328,9	173,8	0,819	1,598
−45	0,504	0,654	303,012	1530,123	3,3	159,5	331,2	171,7	1,839	1,591
−40	0,641	0,659	242,164	1516,354	4,129	163,9	333,6	169,7	0,858	1,585
−35	0,806	0,666	195,596	1502,358	5,113	168,3	335,9	167,5	0,877	1,580
−30	1,003	0,672	159,532	1488,122	6,268	172,8	338,2	165,4	0,895	1,575
−25	1,236	0,679	131,291	1473,635	7,617	177,2	340,5	163,2	0,913	1571
−20	1,508	0,685	108,949	1458,881	9,179	181,7	342,7	161,0	0,931	1,567
−15	1,825	0,693	91,101	1443,845	10,977	186,3	345,0	158,7	0,949	1,563
−10	2,190	0,700	76,714	1428,511	13,035	190,8	347,2	156,4	0,966	1,560
−5	2,608	0,708	65,019	1412,858	15,38	195,4	349,4	154,0	0,983	1,557
0	3,084	0,716	55,436	1396,867	18,039	200,0	351,5	151,5	1,000	1,555
5	3,624	0,724	47,525	1380,513	21,042	204,6	353,7	149,0	0,017	1,552
10	4,231	0,733	40,947	1363,770	24,422	209,3	355,8	146,4	1,033	1,550
15	4,911	0,743	35,442	1346,608	28,215	214,1	357,8	143,7	1,050	1,548
20	5,670	0,752	30,804	1328,992	32,463	218,8	359,8	141,0	1,066	1,547
25	6,513	0,763	26,875	1310,884	37,209	223,7	361,8	138,1	1,082	1,545
30	7,446	0,774	23,526	1292,238	42,506	228,6	363,6	135,1	1,098	1,544
35	8,474	0,786	20,656	1273,001	48,411	233,5	365,5	132,0	1,114	1,542
40	9,603	0,798	18,184	1253,113	54,993	238,6	367,2	128,7	1,130	1,541
45	10,839	0,811	16,044	1232,499	62,331	243,7	368,9	125,2	1,146	1,539
50	12,189	0,826	14,181	1211,072	70,519	248,9	370,5	121,6	1,162	1,538

Применяется для получения средних температур в бытовых холодильниках, в торговом холодильном оборудовании.

Бесцветный газ, один из наиболее применяемых и безопасных в эксплуатации хладагентов, однако при температуре более 330 °С разлагается с образованием следов сильного отравляющего вещества — фосгена. Обезвоженный, нейтрален ко всем металлам. Сильный растворитель органических веществ, поэтому для прокладок применяют специальную резину — севанит или паронит.

Хладагент R502

Азеотропная смесь R22 и R115 (48 % и 52 % по массе).	
Химическая формула R115	C_2F_5Cl
Озоноразрушающая активность, ODP	0,33
Потенциал глобального потепления, GWP	4300
Относительная молекулярная масса	111,629
Температура кипения, °С	−45,6
Критическая температура, °С	82,16
Критическое давление, МПа	4,01
Критическая плотность, кг/м³	571,8

Применяется в низкотемпературных холодильных установках. По техническим характеристикам близок к R22, но холодопроизводительность его выше, а температура нагнетания ниже примерно на 20 %.

3.3.3.2 ХЛАДАГЕНТЫ С НИЗКОЙ ОЗОНОРАЗРУШАЮЩЕЙ АКТИВНОСТЬЮ (HCFC)

К хладагентам HCFC относятся гидрохлорфторуглероды (ГХФУ), в молекулах которых содержится водород. Это R21, R22, R141B, R142B, R123, R124.

IBIK

Хладагент R22

Химическая формула	CF_2ClH
Озоноразрушающая активность, ODP	0,05
Потенциал глобального потепления, GWP	1700
Относительная молекулярная масса	86,5
Температура плавления, °С	−157,4
Температура кипения, °С	−40,85
Критическая температура, °С	96,13
Критическое давление, МПа	4,986
Критическая плотность, кг/м³	512,8

Применяется в холодильных установках, кондиционерах, тепловых насосах. Так как R22 имеет небольшие ODP и GWP, его применение разрешено до 2010 года. Ряд многокомпонентных хладагентов, применяемых в качестве альтернативы HFC, содержат в своем составе хладагент R22.

R22 невзрывоопасен, негорючий, нейтрален к металлам. По сравнению с R12, хуже растворяется в масле, легко проникает через неплотности. Коэффициент теплоотдачи при кипении и конденсации на 25–30 % выше, чем у R12, но имеет более высокое давление нагнетания. По энергетической эффективности близок к R502 (практически взаимозаменяемы).

Хладагент R123

Химическая формула	$C_2F_3Cl_2H$
Озоноразрушающая активность, ODP	0,02
Потенциал глобального потепления, GWP	90
Относительная молекулярная масса	152,931
Температура плавления, °С	−107
Температура кипения, °С	−27,1
Критическая температура, °С	182,0
Критическое давление, МПа	3,56
Критическая плотность, кг/м³	533,0

Предназначен для ретрофита (замены) хладагента R11. Холодопроизводительность цикла с хладагентом R123 составляет 0,86 относительно цикла с R11, температура и давление конденсации ниже на 10–15 % по сравнению с R11. Необходимо применять алкилбензольное холодильное масло или смесь минерального и алкилбензольного масел.

3.3.3.3 ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ (HFC)

К хладагентам HFC относятся хладагенты, не содержащие хлор. Это фторуглероды (ФУ), гидрофторуглероды (ГФУ), углеводороды, такие как R132, R134a, R152a, R143a, R125, R32, R218, R116, RC318, R240, R600, R600a, R717 и другие.

IBIK

Хладагент R717 (аммиак)

Химическая формула	NH_3
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	0

Газ с резким удушливым запахом, вредный для организма человека. В соединении с воздухом при объемной доле 16–20 % и при наличии открытого пламени взрывоопасен. По термодинамическим свойствам аммиак — один из лучших хладагентов. По объемной производительности он значительно превышает R12, R22 и R502, имеет более высокий коэффициент теплоотдачи, что уменьшает размеры теплообменников.

Аммиак имеет малое значение теплоты парообразования, поэтому массовый расход его небольшой (в 4—5 раз меньше, чем у R22). Это свойство затрудняет регулировку подачи. Поэтому аммиак в основном применяется в мощных холодильных машинах.

Аммиак не взаимодействует с черными металлами, алюминием и фосфоритной бронзой, но разрушает цинк, медь и ее сплавы. Поэтому холодильные агрегаты на аммиаке изготавливают из стали. Кроме того, аммиак имеет высокую электропроводность и поэтому не может быть использован с герметичными компрессорами. Холодильные масла не растворяются в аммиаке, что также ограничивает его применение.

Хладагент R744 (углекислый газ)

Химическая формула	CO_2
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	1,0

Дешевый нетоксичный негорючий хладагент, совместим с минеральными маслами, электроизоляционными и конструкционными материалами.

Хладагент R728 (азот)

Химическая формула	N_2
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	0

Применяется в низкотемпературных, двухкаскадных холодильных установках, в составных хладагентах.

Применяется как криогенный хладагент в безмашинных проточных системах, в которых хладагент не совершает замкнутого цикла.

Хладагент R290 (пропан)

Химическая формула	C_3H_8
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	3,0
Температура кипения, °С	−42

Низкая стоимость, совместим с минеральными маслами, электроизоляционными и конструктивными материалами. Может быть использован для замены R22 и R502. Но из-за горючести запрещен в США для использования в бытовых холодильниках.

IBIK

Хладагент R600a (изобутан)

Химическая формула	C_3H_{10}
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	0,01
Температура кипения, °С	−12

Используется вместо R12, но холодопроизводительность его в 2 раза меньше. Хорошо растворяется в минеральном масле. Но так же, как и пропан, горюч и взрывоопасен. В настоящее время итальянские и немецкие фирмы применяют его в бытовых холодильниках.

Хладагент R125

Химическая формула	CHF_2CF_3
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	0
Относительная молекулярная масса	120
Температура плавления, °С	−10,3
Температура кипения, °С	−48,5
Критическая температура, °С	67,7
Критическое давление, МПа	3,39
Критическая плотность, кг/м³	529,0

По энергетическим характеристикам и коэффициенту теплоотдачи он хуже хладагента R22 и R502, так как имеет небольшую удельную теплоту парообразования. Вместе с тем R125 имеет более низкое давление нагнетания. Использование хладагента R125 в системах с воздушными конденсаторами неэффективно. Применяется он чаще в составных хладагентах.

Хладагент R32

Химическая формула	CF_2H_2
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	580
Относительная молекулярная масса	52,0
Температура плавления, °С	−136
Температура кипения, °С	−51,7
Критическая температура, °С	78,4
Критическое давление, МПа	5,84
Критическая плотность, кг/м³	425,1

При соприкосновении с пламенем и горячими поверхностями разлагается с образованием высокотоксичных продуктов. Горючий, температура самовоспламенения 504 °С. Объемные концентрационные пределы распространения пламени 14,2—30,0 %.

Хладагент R134a

Химическая формула	CF_3CFH_2
Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	1300
Относительная молекулярная масса	102,031
Температура плавления, °С	−101
Температура кипения, °С	−26,5

IBIK

Критическая температура, °С	101
Критическое давление, МПа	4,06
Критическая плотность, кг/м³	538,5

Хладагент нетоксичен, негорюч, однако в смеси с воздухом может образовывать горючие смеси. R134a предназначен для замены R12. При температуре кипения –7°С R134a имеет эксплуатационные характеристики близкие к R12. При температуре кипения –15 °С и ниже энергетические показатели R134a хуже, чем у R12. В высокотемпературных холодильных установках эти показатели R134a выше, чем у R12.

Таблица 3.3.4. Характеристика хладагента R134a на линии насыщения

Температура, °С	Абсолютное давление, бар	Удельный объем, м³/кг		Плотность, кг/м³		Удельная энтальпия, кДж/кг		Удельная теплота парообразования, кДж/кг	Удельная энтропия, кДж/ кг·К	
		жидкости	пара	жидкости	пара	жидкости	пара		жидкости	пара
–50	0,295	0,693	604,615	1442,547	1,654	136,0	367,3	231,3	0,742	1,779
–45	0,391	0,700	463,457	1428,411	2,158	142,3	370,5	228,2	0,770	1,770
–40	0,512	0,707	360,036	1414,175	2,777	148,5	373,6	225,0	0,797	1,762
–35	0,661	0,714	283,15	1399,816	3,532	154,9	376,7	221,8	0,824	1,755
–30	0,844	0,722	225,21	1385,306	4,440	161,2	379,7	218,5	0,850	1,749
–25	1,064	0,730	180,995	1370,619	5,525	167,6	382,8	215,2	0,876	1,743
–20	1,327	0,738	146,855	1355,725	6,809	174,0	385,8	211,8	0,901	1,738
–15	1,638	0,746	120,204	1340,593	8,319	180,4	388,8	208,4	0,927	1,734
–10	2,004	0,755	99,186	1325,190	10,082	186,9	391,7	204,8	0,951	1,730
–5	2,431	0,764	82,45	1309,479	12,129	193,4	394,6	201,2	0,976	1,726
0	2,925	0,773	69,005	1293,424	14,492	200,0	397,4	197,4	1,000	1,723
5	3,492	0,783	58,111	1276,980	17,209	206,6	400,2	193,6	1,024	1,720
10	4,141	0,794	49,214	1260,104	20,320	213,3	403,0	189,6	1,048	1,717
15	4,878	0,805	41,893	1242,744	23,870	220,1	405,6	185,5	1,071	1,715
20	5,710	0,816	35,827	1224,845	27,912	227,0	408,2	181,3	1,095	1,713
25	6,647	0,829	30,766	1206,345	32,503	233,9	410,8	176,8	1,118	1,711
30	7,695	0,842	26,517	1187,173	37,712	241,0	413,2	172,2	1,141	1,709
35	8,863	0,857	22,927	1167,250	43,617	248,1	415,6	167,4	1,164	1,707
40	10,159	0,872	19,876	1146,481	50,313	255,4	417,8	162,4	1,187	1,706
45	11,594	0,889	17,268	1124,757	57,911	262,9	419,9	157,0	1,210	1,704
50	13,176	0,907	15,026	1101,943	66,551	270,5	421,9	151,3	1,234	1,702

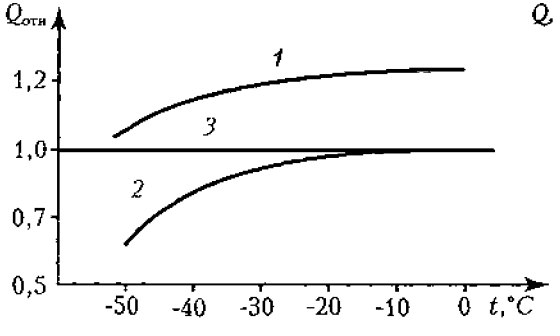


Рис. 3.3.4. Зависимость относительной холодопроизводительности различных хладагентов от температуры кипения: *1* – R401B; *2* – R134a; *3* – R12

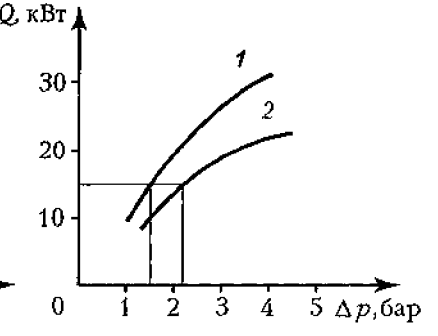


Рис. 3.3.5. Потери давления в клапане, установленном в трубопроводе: *1*– R134a; *2* – R12

IBIK

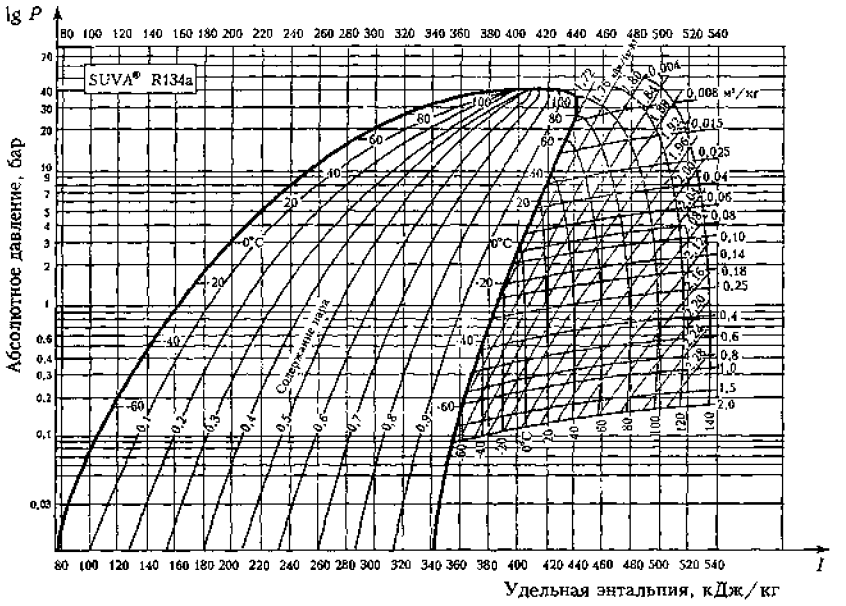


Рис. 3.3.6. Диаграмма lg *P-I* хладагента R134a [2]

При замене R12 на R134a для сохранения холодопроизводительности машины необходимо:

- улучшить энергетические характеристики компрессоров или заменить компрессор на более мощный;
- увеличить химическую стойкость эмали проводов электродвигателя компрессора;
- использовать синтетическое масло;
- повысить влагопоглощающую способность фильтров-осушителей, так как синтетическое масло более гигроскопично.

3.3.3.4 АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ОЗОНОБЕЗОПАСНЫЕ ХЛАДАГЕНТЫ (HFC)

Хладагент R401 (A, B, C)

Для замены R12 фирмой Du pont предложены хладагенты R401A, B, C, состоящие из хладагентов R22, R152 и R124 (таблица 3.3.5). Рекомендуется применять для ретрофита в высоко- (выше 0 °С) и среднетемпературных торговых установках, бытовых холодильниках и кондиционерах.

Таблица 3.3.5. Хладагенты фирмы Du pont, заменяющие R12

Хладагент	Массовая доля компонента, %		
	R22	R152	R124
R401A	53	13	34
R401B	61	11	28
R401C	33	15	52

IBIK

R401A несовместим с минеральными маслами, поэтому при ретрофите необходимо тщательно производить промывку холодильной машины. R401B предназначен для ретрофита низкотемпературного оборудования транспортных систем, работающих на R12, и для замены R500.

Технические характеристики хладагента R401A:

Относительная молекулярная масса	94,4
Температура кипения, °С	–33,0
Критическая температура, °С	108,0
Критическое давление, МПа	4,6
Критическая плотность, кг/м³	510,6

Хладагент R402(A, B)

Для замены хладагента R502 фирма Du pont предлагает хладагенты R402A, R402B (таблица 3.3.6).

Таблица 3.3.6. Хладагенты фирмы Du pont, заменяющие R502

Хладагент	Массовая доля компонента, %		
	R22	R125	R290
R402A	38	60	2
R402B	60	38	2

R402A применяется для ретрофита R502 в низкотемпературных транспортных холодильниках.

R402A, R402B совместимы с минеральными маслами, со смесями минерального и алкилбензольного масла, а также с чистыми алкилбензольными и полиэфирными маслами.

R402B рекомендуется для ретрофита R502 для холодильных установок при температуре в камере –18 °С. Перспективен для применения в торговом оборудовании с температурой в холодильной камере до –30 °С.

Технические характеристики хладагента R402A:

Относительная молекулярная масса	101,55
Температура кипения, °С	–49,2
Критическая температура, °С	75,5
Критическое давление, МПа	4,13
Критическая плотность, кг/м³	541,7

Хладагент R404 A

Относительная молекулярная масса	97,6
Температура кипения, °С	–46,7
Критическая температура, °С	72,1
Критическое давление, МПа	3,73
Критическая плотность, кг/м³	484,5

IBIK

Это смесь хладагентов R125/R143/R134a в массовом соотношении 44/52/4. Предназначен для замены R502. При этом необходима за мена минерального масла на полиэфирное и замена фильтров-осушителей.

Хладагент R407C

Относительная молекулярная масса	**86,2**
Температура кипения, °С	**–43,6**
Критическая температура, °С	86,7
Критическое давление, МПа	4,6
Критическая плотность, кг/м³	506,8

Предназначен для замены R22 в системах кондиционирования воздуха. R407C — неазеотропная смесь хладагентов R32/R125/R134a в массовом соотношении 23/25/52 (R407A — 20/40/40; R407B — 10/45/45). Температурный "глайд" — 5–7 К.

Таблица 3.3.7. Сравнительные характеристики хладагентов R407C и R22

Показатель	R407C	R22
Средняя температура кипения при атмосферном давлении, °С	–43,5	–40,8
Давление насыщенной жидкости при 25 °С, бар	11,74	10,43
Плотность жидкости при 25 °С, кг/м³	41,98	44,21
ODP	0	0,05
GWP	1600	1700

Энергетическая эффективность R407C близка к энергетической эффективности R22. Применяется совместно с полиэфирными маслами, которые имеют большую гигроскопичность. Удалять влагу из этого масла трудно, поэтому систему необходимо вакуумировать до 0,3 мбар (30 Па).

Если влажность в системе контролируется по индикатору влаги смотрового стекла, то следует учитывать, что действительный уровень влаги будет выше, чем показывает индикатор (влага сосредоточится в масле). При ретрофите R22 на R407 остаточное количество минерального масла в системе не должно превышать 5 % от общего количества масла. Для этого необходимо произвести замену масла несколько раз.

R407C – неазеотропная смесь. Если утечка происходит в неработающей системе, то состав оставшегося хладагента изменится. В оставшейся части повышается концентрация высококипящего компонента (R134a) и понижается концентрация R32 и R125.

Хладагент R407C имеет большой температурный "глайд". Это усложняет обслуживание холодильных машин. Однако этот эффект можно использовать для создания многотемпературных холодильников.

При использовании R407 необходимо заменить масло в холодильной машине, а также детали, изготовленные из эластомеров (прокладки, уплотнители и т. п.), адсорбенты фильтров-осушителей и предохранительные клапаны.

IBIK

Таблица 3.3.8. Характеристика хладагента R407C на линии насыщения

	Насыщенная жидкость				Насыщенный пар				
Температура, °С	Давление насыщения, 10^5 Па	Плотность, кг/м³	Удельная энтальпия, кДж/кг	Удельная энтропия, кДж/ (кг·К)	Давление насыщения, 10^5 Па	Удельная энтальпия, кДж/кг	Плотность, кг/м³	Удельная энтальпия кДж/кг	Удельная теплота парообразования, кДж/кг
-50	0,735	1399,335	136,0	0,743	0,492	2,322	384,9	1,878	248,9
-45	0,939	1384,623	141,9	0,770	0,646	2,997	388,1	1,866	246,2
-40	1,187	1369,646	148,0	0,796	0,838	3,882	391,3	1,856	243,3
-35	1,483	1354,386	154,1	0,822	1,074	4,821	394,5	1,846	240,4
-30	1,833	1338,825	160,4	0,848	1,361	6,017	397,7	1,837	237,3
-25	2,246	1322,942	166,7	0,873	1,074	7,437	400,8	1,829	234,2
-20	2,727	1306,713	173,1	0,899	2,112	9,108	403,9	1,822	230,8
-15	3,288	1290,112	179,6	0,924	2,593	11,061	407,0	1,815	227,3
-10	3,933	1273,11	186,3	0,949	3,153	13,328	410,0	1,809	223,7
-5	4,673	1255,673	193,1	0,975	3,801	15,944	412,9	1,803	219,8
0	5,518	1237,761	200,0	1,000	4,545	18,947	415,7	1,797	215,7
5	6,675	1219,33	207,1	1,025	5,394	22,383	418,4	1,792	211,4
10	7,557	1200,329	214,3	1,051	6,357	26,299	421,1	1,788	206,8
15	8,772	1180,695	221,7	1,076	7,444	30,755	423,6	1,783	201,9
20	10,132	1160,357	229,3	1,102	8,663	35,817	426,0	1,779	196,7
25	11,647	1139,227	237,1	1,128	10,028	41,568	428,2	1,774	191,1
30	13,327	1117,197	245,2	1,154	11,549	48,108	430,3	1,770	185,1
35	15,182	1094,138	253,5	1,180	13,241	55,561	432,1	1,765	178,7
40	17,222	1069,88	262,1	1,207	15,119	64,088	433,8	1,760	171,7
45	19,455	1044,209	271,0	1,235	17,200	73,896	435,1	1,755	164,1
50	21,891	1016,836	280,3	1,263	19,504	85,269	436,0	1,749	155,7

Следует отметить, что полиэфирное масло снижает коэффициент теплопередачи хладагента. Так, наличие в хладагенте 0,2 % полиэфирного масла снижает коэффициент теплопередачи R407C на 2 %, а 2 % масла – на 14 %.

Хладагент R410A

Озоноразрушающая активность, ODP	0
Потенциал глобального потепления, GWP	0
Относительная молекулярная масса	72,58
Температура кипения, °С	–51,58
Критическая температура, °С	72,1
Критическое давление, МПа	4,92
Критическая плотность, кг/м³	488,8

Это смесь хладагентов R32 и R125 в массовом соотношении 50/50.

Предназначен для замены R22 в системах кондиционирования воздуха. При температуре конденсации 54 °С удельная холодопроизводительность R410a на 50 % больше, чем R22. Холодильный коэффициент кондиционеров на R22 составляет 2,25–2,5, а на R410A – 3,2–3,5.

Однако рабочее давление R410A в цикле на 35–45 % выше, чем у R22, что требует изменения теплообменников, применения новых компрессоров.

Плотность R410A больше, чем R22, поэтому теплообменники могут быть меньших размеров. Для R410A применяются эфирные масла с вытекающими из этого последствиями.

IBIK

3.3.4. ЗАМЕНА ХЛАДАГЕНТОВ В ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИНАХ

3.3.4.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Международными соглашениями предусматривается:

- прекращение производства хладагентов категории CFC;
- ступенчатое снижение производства хладагентов категории HCFC;
- запрещение любых операций с холодильным оборудованием, сопровождающихся выбросом хладагентов в атмосферу;
- повторное использование или уничтожение извлекаемых хладагентов.

Остановка производства хладагентов категории CFC и довольно высокая стоимость альтернативных заменителей обусловливает необходимость слива хладагента при ремонте холодильных машин. Особенно это относится к крупным холодильным установкам, содержащим от 20 до 300 кг хладагента.

Под сливом хладагента из холодильной установки понимается извлечение хладагента из холодильной машины в накопительные баллоны для последующего повторного использования, восстановления или уничтожения.

Повторное использование означает новую заправку уже использованного и слитого из установки хладагента, как правило, в ту же установку, из которой он был эвакуирован. Перед повторной заправкой хладагент фильтруют, отделяют масло, осушают, пропуская через фильтры-осушители и маслоотделители. Такую операцию, как правило, выполняют с помощью станций утилизации хладагента непосредственно на объекте или в ремонтной мастерской.

Восстановление заключается в обработке слитых хладагентов таким образом, чтобы восстановленный хладагент соответствовал техническим условиям завода-поставщика. При восстановлении состав хладагента подвергается химическому анализу.

Если различные хладагенты смешаны в одном баллоне, сильно загрязнены, имеют в своем составе повышенный процент кислот и не могут быть восстановлены, их отправляют на уничтожение. Уничтожение хладагента производится на заводах-изготовителях путем расщепления в специальных реакторах, либо они используются в других технологических процессах в промышленности.

Сливать хладагенты необходимо в баллоны, окрашенные зеленой флюоресцирующей краской. Чистые хладагенты заправляются в баллоны следующих цветов:

R12 — бледно-серый,

R22 — ярко-зеленый,

R134a — бледно-голубой,

IBIK

R142b — розовый,
R407C — бледно-розовый.

Заправляются баллоны на 75 % от полного объема баллона. Испытательное давление для баллонов должно быть в 1,5 раза больше, чем давление насыщенных паров соответствующего хладагента при температуре 50 °С. Так, испытательное давление сосуда для хранения R22 составляет 29,0 бар.

Сбор хладагента, его очистка и повторное использование сервисными службами допускается только в том случае, если отказ холодильной машины произошел не по причине сгорания обмоток двигателя компрессора. При сгорании компрессора хладагент может быть восстановлен только на заводах-изготовителях или на специально оборудованных пунктах. Учитывая, что восстановление хладагента — процесс дорогостоящий, экономически целесообразно производить его только в больших количествах. Поэтому необходимо создать сеть пунктов, которые могли бы обеспечить потребности сбора, восстановления, переработки или уничтожения хладагентов.

Отбор хладагента из холодильной системы можно выполнять в жидкой или газовой фазе. Рассмотрим некоторые методы отбора.

Перелив в жидкой фазе под действием силы тяжести

Этот метод показан на рис. 3.3.7 и применяется для холодильных машин, имеющих жидкостный ресивер. Баллон для слива должен иметь два входа с вентилями жидкой (забор хладагента со дна баллона) и газообразной фаз. Вентиль жидкой фазы баллона подключается к жидкостному ресиверу в его нижней точке так, чтобы баллон находился под нижней точкой ресивера. Вентиль газовой фазы баллона подключается к газовой полости ресивера в верхней точке. В результате жидкость из ресивера будет поступать в баллон, а газ из баллона будет подаваться в ресивер.

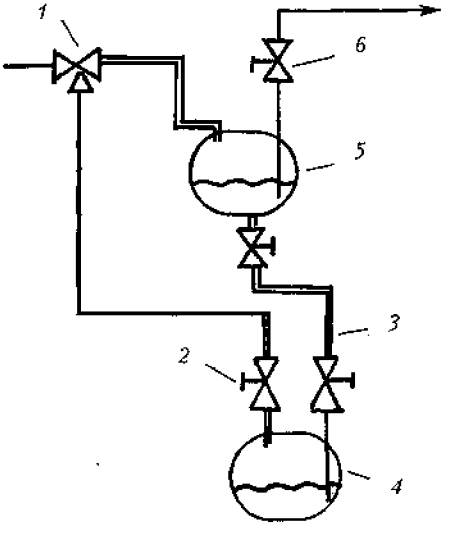


Рис. 3.3.7. Перелив хладагента в жидкой фазе под действием сил тяжести:
1 — вентиль на входе ресивера;
2 — вентиль газовой фазы;
3 — вентиль жидкой фазы;
4 — сливной баллон;
5 — жидкостный ресивер;
6 — вентиль выхода жидкости

Перекачка жидкой фазы хладагента насосом

В крупных установках, в которых имеется насос, эксплуатационной документацией предусматривается перекачка хладагента в запасные баки при ремонте установки со вскрытием холодильного контура.

IBIK

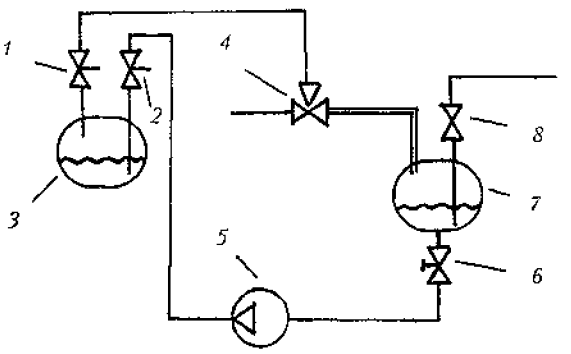


Рис. 3.3.8. Перекачка жидкого хладагента с помощью насоса:
1 — газовая фаза;
2, 6, 8 — жидкостный вентиль;
3 — сливной баллон;
4 — вентиль на входе ресивера;
5 — насос для хладагента;
7 — жидкостный ресивер

При отсутствии насоса или там, где сливной бак нельзя разместить ниже уровня ресивера, перекачку можно произвести с помощью внешнего насоса по схеме, показанной на рис. 3.3.8.

Насос соединяется с нижней точкой ресивера и жидкостным вентилем баллона. Газовый вентиль сливного баллона необходимо соединять с газовой полостью ресивера.

Перекачка хладагента с помощью компрессора холодильной машины

Закрыв соответствующие вентили, необходимо создать условия, при которых жидкостный ресивер будет отсоединен от холодильной машины (рис. 3.3.9). Компрессор и ресивер соединяются со сливным баллоном. Компрессор, откачивая газовую фазу из сливного баллона, создает давление в ресивере. В результате жидкий хладагент поступает в баллон.

Перелив жидкой фазы хладагента путем охлаждения сливной емкости

Это самый простой, но довольно длительный способ, заключающийся в том, что сливной баллон охлаждают до температуры ниже, чем в холодильном контуре. По принципу "холодной стенки Ватта" весь хладагент перейдет в баллон. Охлаждать баллон можно водой, льдом или поочередно охлаждать баллоны в холодильной камере. В этом случае необходимо соблюдать аккуратность при смене баллонов, чтобы во

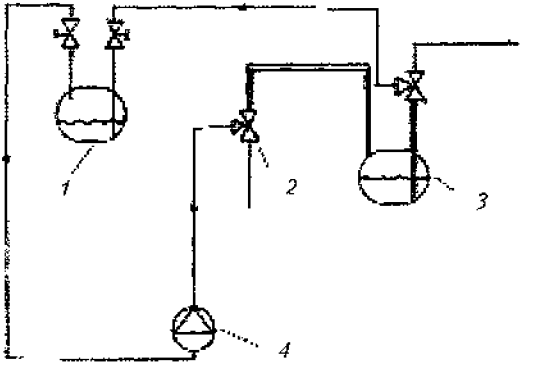


Рис. 3.3.9. Перекачка хладагента с помощью компрессора холодильной машины:
1 — сливной баллон;
2 — вентиль на входе ресивера;
3 — жидкостный ресивер;
4 — компрессор

IBIK

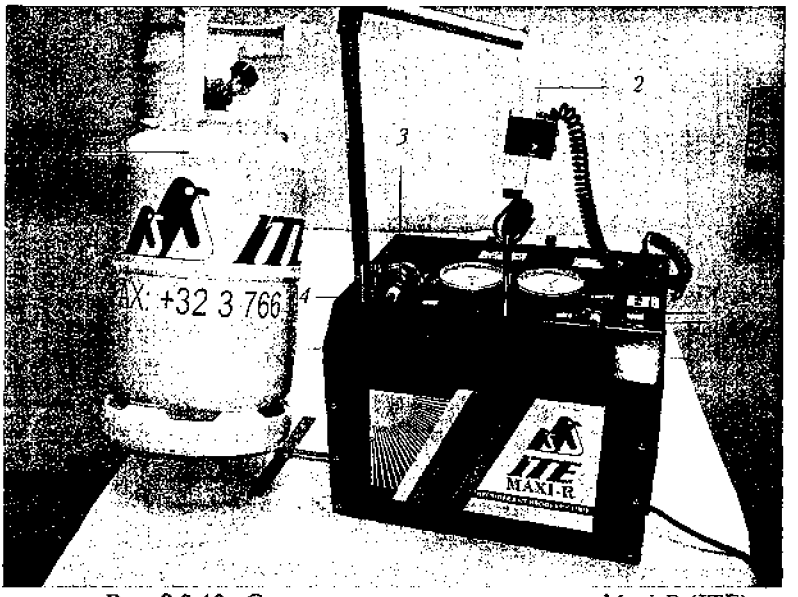


Рис. 3.3.10. Станция утилизации хладагента Maxi-R (ITE):
1 – баллон для перекачки хладагента; 2 – пружинные весы;
3 – фильтр-осушитель; 4 – штуцер выхода хладагента;
5 – штуцер входа хладагента

ремя этой операции в баллон не попал воздух. При охлаждении баллонов до температуры –15 °С из холодильного контура удаляется 98,8 % хладагента R22.

Перекачка хладагента в газовой фазе

Для этого используют компрессорно-конденсаторные блоки (станции утилизации хладагента), одна из которых показана на рис. 3.3.10.

Станция предназначена для утилизации как жидкой, так и газообразной фракции. Жидкий фреон подается в докипатель порциями в таком количестве, чтобы на вход компрессора поступал только газ.

Эта станция может использоваться для перекачки жидкого хладагента по схеме, приведенной на рис. 3.3.9, при этом производительность увеличится до 200 кг/ч. Станция снабжена фильтрующими элементами, фильтрами-осушителями, маслоотделителем. После откачки станцией утилизации хладагент может быть повторно использован.

3.3.4.2 ЗАМЕНА ХЛАДАГЕНТА R12 ХЛАДАГЕНТОМ R134A

При замене хладагента R12 хладагентом R134a следует исходить из следующих положений.

1. Холодопроизводительность R134a ниже R12 на 5–7 %. Сохранить холодопроизводительность можно путем замены компрессора.
2. Необходимо заменить минеральное масло на полиэфирное. Остатки минерального масла не должны превышать 5 %.

3. При наличии в холодильной системе гибких шлангов их необходимо заменить медными трубами. Это связано с большей текучестью R134a.
4. Паять медные трубы необходимо только в среде инертного газа, не допуская образования внутри холодильного контура окислов меди.
5. Необходимо установить прокладки стойкие к R134a (материал полихлорпрен, полиэтиленовая ткань EF DM, хлорсодержащий полиэтилен).
6. Адсорбенты, используемые в фильтрах-осушителях, необходимо заменить, так как эфирные масла очень гигроскопичны. Они быстро насыщаются влагой, как только откроется канистра. Канистру с эфирным маслом не следует оставлять открытой более 5–10 минут. Масло из канистры необходимо использовать сразу полностью. Нельзя брать пятилитровую канистру и использовать только часть масла. R134a требует большей степени осушения. Масса адсорбента должна быть увеличена на 20 %, а сам адсорбент – иметь более мелкое молекулярное сито.
7. Операции вакуумирования должны производиться особенно тщательно. Фильтры-осушители должны обладать антикислотными свойствами, так как смесь "эфир+HFC+вода" образует крайне агрессивную фторводородную кислоту. Вакуумирование должно производиться до 1,5 мбара двухступенчатым вакуумным насосом. Для вакуумирования систем с R134a нельзя применять вакуумные насосы, которые ранее использовались для вакуумирования контуров с хлорсодержащими хладагентами.
8. Антиокислительные и антифрикционные добавки улучшают качество масел. Однако различные производители примешивают добавки зачастую несовместимые. Поэтому доливать можно только то масло, которое есть в системе.
9. При ретрофите хладагента R12 хладагентом R134a можно не менять основные агрегаты (конденсатор, испаритель и др.), но обязательно следует поменять:
   - ТРВ, на маркировке которого должно быть указано, что он предназначен для R134a;
   - капиллярную трубку, которая должна быть на 10–15 % длиннее, чем в случае применения хладагента R12;
   - электроклапаны, обратные клапаны, регуляторы давления с учетом новых значений расходов и потерь давлений. Эти элементы на R134a имеют большие потери давления (рис. 3.3.5).
10. Необходимо применять манометры, отградуированные под R134a.
11. Заправочные емкости и принадлежности должны использоваться только для одного хладагента. Нельзя применять для R134a

IBIK

инструмент, у которого был даже незначительный контакт с R12 или минеральным маслом.

12. Течеискатели должны реагировать на фтор (старые реагируют на хлор). Чувствительность их должна быть на порядок выше (~0,5 г/год). Для поиска утечек R134a можно использовать ультрафиолетовые лампы. В хладагент добавляют присадку, которая смешивается с полиэфирным маслом. В случае утечки вытекающее из контура масло с присадкой в ультрафиолетовых лучах начинает светиться. Ультрафиолетовые лампы старого образца для R134a не годятся.
13. Удаление хладагента R12 производится обычным образом, изложенными выше методами. Остаточное содержание R12 в контуре не должно превышать 0,02 %.
14. Заправку хладагентом R134a можно производить как в жидком, так и газообразном состоянии. Масса R134a, требуемая для заправки холодильной системы, меньше чем R12 на 10–12 %. Заправка системы производится в несколько этапов. Сначала рекомендуется заправить 75 % R134a от полной заправки. Жидкий хладагент вводят в линию нагнетания при неработающем компрессоре. Если в агрегате в линии нагнетания нет клапана Шредера, то заправлять нужно небольшими порциями, желательно через дросселирующий вентиль. Затем необходимо выждать некоторое время, чтобы произошло выравнивание давления.
Второй этап — запуск системы и дозаправка газовой фракцией R134a через линию всасывания. При этом необходимо обязательно взвешивать хладагент. Окончательное количество заправленного хладагента можно определять по смотровым стеклам или по степени перегрева. В процессе заправки нужно измерять давление всасывания и ток компрессора.

3.3.4.3 ЗАМЕНА ХЛАДАГЕНТА R22 ХЛАДАГЕНТОМ R407C ИЛИ R410A

1. Перед заменой хладагента R22 хладагентом R407C необходимо заменить масло в компрессоре, фильтр-осушитель и ТРВ.
2. Проверить совместимость прокладок и уплотнителей с полиэфирным синтетическим маслом.
3. Слив масла из герметичных агрегатов небольшой мощности требует демонтажа компрессора. Масло сливается через линию всасывания. В крупных системах масло сливают из маслоотделителя и самых низких точек агрегата, если там есть вентили. Для удале-

IBIK

ния остаточного количества масла систему промывают хладагентом R22 с полиэфирным маслом следующим образом:

- подобрать полиэфирное масло, вязкость которого эквивалентна вязкости удаляемого;
- залить в систему полиэфирное масло в количестве, равном слитому;
- заправить систему хладагентом R22 и включить на 24–48 часов. Повторную промывку делают 2–3 раза.

4. Заменить фильтры-осушители. Фильтры, применяемые в системах с R22, использовать с R407C нельзя, так как они поглощают R32.
5. Вакуумирование производится по стандартной методике до остаточного давления 1,5 мбара. При вакуумировании и заправке хладонов R407C или R410A необходимо пользоваться отдельными манометрическим коллектором, шлангами, вакуумным насосом.
6. Заправку производить хладагентом в жидкой фазе. Баллоны с R407C оборудованы специальным патрубком, вмонтированным в днище. С этого патрубка через жидкостный вентиль подается жидкая фаза хладагента. Рекомендуется сначала заправить 80 % массы хладагента на линию высокого давления при выключенном компрессоре. Остальной хладагент заправляют в линию всасывания ***(при неработающем компрессоре!)***.

3.3.4. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАСЛА. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В замкнутых контурах холодильных машин масло, предназначенное для смазки трущихся деталей, циркулирует вместе с хладагентом. Поэтому масло должно хорошо растворяться в хладагенте и при этом не ухудшать технических характеристик хладагента и теплообменных аппаратов.

Холодильные масла подразделяются на минеральные (парафиновые, нафтеновые) и синтетические (углеводородные, эфирные и др.). Минеральные масла производятся химическим способом путем извлечения из сырой нефти. Синтетические масла получают методом синтеза нескольких молекул при определенной температуре и давлении.

1. Смазывающая способность

Смазывающая способность показывает, на сколько снижается уровень сухого трения между двумя перемещающимися пластинами или на сколько уменьшается их износ. Вместо пластин может использоваться игла, зажатая губками (метод Фалекса).

IBIK

2. Вязкость (внутреннее трение)

Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной части относительно другой. Вязкость масла в основном определяется силами межмолекулярных связей. Кинематическая вязкость измеряется в $см^2/с$ (Ст – стокс) и зависит от температуры. Обычно в справочниках приводится значение кинематической вязкости при температуре 40 °С в $мм^2/с$ (сСт – сантистокс). Для холодильных машин эта величина колеблется в пределах 30–60 сСт.

3. Химическая стабильность

Масло должно сохранять свои свойства при изменении температуры – от температуры испарения до температуры нагнетания холодильной машины. Кроме того, не должна образовываться химическая реакция между маслом и хладагентом в рабочем диапазоне температур и давлений. Масло в процессе работы не должно окисляться (как правило, при окислении изменяется цвет масла).

При низких температурах в масле не должны образовываться воскообразные частицы, которые забивают капиллярные трубки, четырехходовые и обратные клапаны.

4. Гигроскопичность

Гигроскопичность – способность к поглощению влаги. Выражается в мг/кг (или ppm). Естественно, гигроскопичность должна быть как можно ниже. К сожалению, синтетические масла очень гигроскопичны. Промежуток времени, при котором их можно держать открытыми, должен быть минимальным. Следует избегать переливания масла из одного сосуда в другой. Допустимая гигроскопичность масла при перевозке в цистернах – 30 ppm, в бочках – 45 ppm.

5. Кислотное число

Показателем кислотности (кислотное число) называют количество щелочи в миллиграммах (КОН), необходимое для нейтрализации кислот, содержащихся в одном грамме масла. Кислоты в холодильном контуре разъедают изоляцию эмалированных проводов, воздействуют на медные детали. При этом медь оседает на других металлических деталях (например, подшипниках), что ведет к выходу из строя компрессоров. Допустимое кислотное число – 0,01–0,02.

6. Пенообразование

При длительной остановке компрессора масло, содержащееся в картере, насыщается хладагентом. Во время очередного пуска компрессора резкое снижение давления в картере ведет к выделению хладагента из масла, что сопровождается вспениванием последнего.

Пена разрушает масляную пленку в подшипниках, на стенках цилиндра и других деталях, что ведет к заклиниванию компрессора. Кроме того, происходит выброс масла в холодильный контур, что может привести к выходу из строя нагнетательных клапанов компрессора.

IBIK

Накопление масла в холодильном контуре снижает технические характеристики теплообменников, а уменьшение его в картере ухудшает условия смазки компрессора. Поэтому в холодильных машинах следует применять масло с низкой способностью к пенообразованию.

7. Растворимость и смешиваемость масел и хладагентов

Смешиваемость означает образование однородной массы из масла и жидкого хладагента, а растворимость — это насыщение масла хладагентом в паровой фазе.

От степени смешиваемости зависит, насколько хорошо или плохо возвращается масло в компрессор и, следовательно, будет ли достаточной смазка компрессора.

С одними хладагентами масло смешивается полностью (R11, R12, R21, R500), а с другими — только частично (R22, R152, R501, R502). Некоторые хладагенты R13, R44, R115, R503 очень плохо смешиваются с маслом, а у R717 (аммиак) смешиваемость с маслом практически нулевая. При конструировании холодильных систем, работающих на R717, необходимо предусматривать маслоотделитель, компрессор располагать в нижней точке, чтобы масло возвращалось самотеком.

8. Совместимость с прокладками

Воздействие масла на прокладки может вызвать следующие последствия:

- вздутие (разбухание) прокладок в результате поглощения масла материалом прокладки;
- сморщивание прокладок, которое является следствием извлечения из прокладок смазочных материалов, пластифицирующих и антиокислительных добавок.

Исходя из изложенного, при замене хладагента в холодильных машинах необходимо подбирать соответствующее масло. В случае несовместимости старого и нового масел, следует производить тщательную промывку холодильного агрегата.

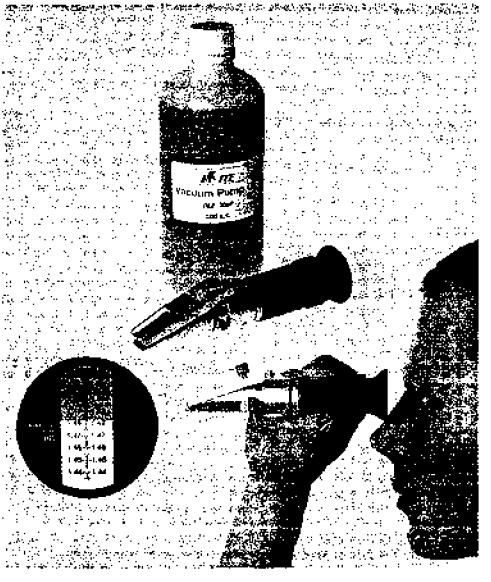


Рис. 3.3.11. Оптический рефрактометр для определения свойств масла

IBIK

Марки минеральных масел, совместимые с хладагентом R22:

- Sunico 3GS, Sun oil Co.;
- Carrier NPP 33–2;
- Capella WF 32–150;
- Clavus G32, Sheel oil Co.;
- Gargoyle Arctic, Mobil Co.

Марки синтетических масел, совместимых с хладагентами R134a, R404A и R407(A, B, C):

- Mobil EAL Arctic 22CC
- ICI Emkarate RL 32 CF

Марки синтетических масел, совместимых с хладагентом R410A:

- MA 68.

IBIK

Раздел 4

Элементная база климатического оборудования

4.1. КОМПРЕССОРЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Компрессором называют механизм, предназначенный для сжатия газов за счет механической энергии. Механическую энергию компрессор получает от привода, как правило, электрического. Компрессор вместе с электроприводом называют компрессорным агрегатом. В дальнейшем для краткости мы будем использовать термин компрессор, понимая под этим компрессорный агрегат. При необходимости будем разделять эти понятия, акцентируя внимание читателя на каком-либо из них.

Компрессоры можно разделить на две группы: объемные и динамические.

В компрессоре объемного типа хладагент всасывается в результате увеличения объема компрессионной камеры и сжимается в результате уменьшения этого объема, после чего нагнетается в трубопровод.

В компрессоре динамического типа повышение давления достигается за счет преобразования кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления. При этом магистрали всасывания и нагнетания постоянно соединены между собой. К компрессорам динамического типа относятся лопаточные, осевые, центробежные (радиальные) и струйные. Подробное описание этих компрессоров можно найти в специальной литературе [32].

В кондиционерах в основном используются объемные компрессоры четырех видов: поршневые, ротационные, спиральные и винтовые.

Поршневой компрессор — это компрессор объемного типа, содержащий один или несколько поршней, перемещающихся прямолинейно и возвратно-поступательно в цилиндрах.

Поршневые компрессоры подразделяются на непрямоточные, у которых всасывающий и нагнетательный клапаны расположены в крышке

IBIK

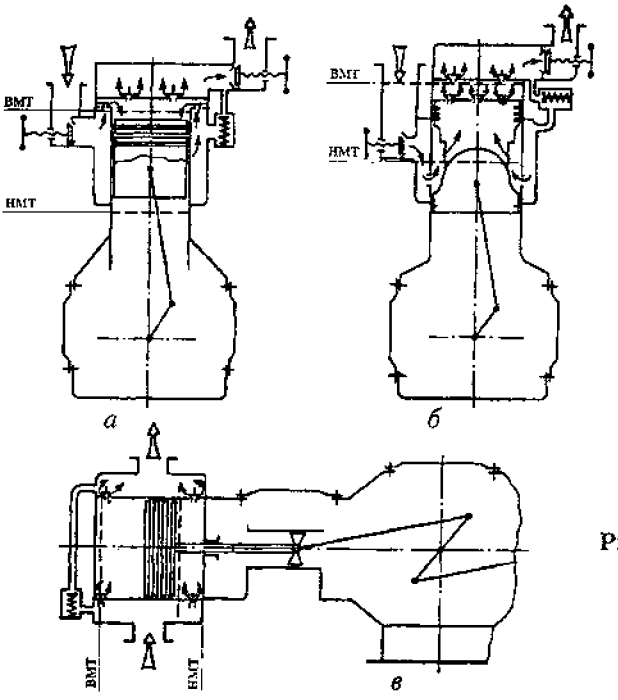


Рис. 4.1.1. Схемы поршневых холодильных компрессоров [32]:
а – тронковый непрямоточный;
б – тронковый прямоточный;
в – крейцкопфный двойного действия

цилиндра (рис. 4.1.1, *а*), и прямоточные (рис. 4.1.1, *б*), всасывающий клапан которых установлен на дне поршня. Это компрессоры простого действия, в которых процесс осуществляется только при движении поршня в одну сторону. В компрессорах двойного действия рабочий процесс сжатия осуществляется при движении поршня в обе стороны (рис. 4.1.1, *в*).

Прямоточные компрессоры имеют следующие преимущества:

- малый подогрев рабочего вещества при всасывании, так как всасывающий клапан отделен от нагнетательного;
- малые гидравлические потери благодаря увеличенным размерам клапанов;

Вместе с тем прямоточные компрессоры имеют ряд недостатков:

- большая масса поршневой группы, что ведет к увеличению сил инерции и ограничивает частоту колебаний поршня;
- недоступность всасывающего клапана, установленного на поршне, для регулировки производительности;
- поршневой палец расположен выше маслосъемных колец, что ухудшает условия смазки и увеличивает унос масла из компрессора.

Из-за этих недостатков прямоточные компрессоры практически не применяются.

IBIK

По сравнению с прямоточными компрессорами непрямоточные имеют следующие преимущества:

- меньший размер и масса компрессора;
- повышенная частота колебаний поршня;
- более эффективная система смазки;
- возможна регулировка производительности за счет открытия всасывающего клапана.

Ротационные компрессоры подразделяются на:

- компрессоры с катящимся ротором, у которых ротор расположен эксцентрично относительно цилиндра;
- пластинчатые компрессоры, в роторе которых радиально перемещаются разделительные пластины.

Спиральные компрессоры состоят из двух спиралей, одна из которых неподвижна, а вторая подвижна и совершает колебательные движения. Если спиральные элементы вставить друг в друга, то образуются ячейки, размеры которых изменяются при движении подвижной спирали. Благодаря этому происходит сжатие рабочего тела.

Спиральные компрессоры могут быть:

- с вертикально или горизонтально расположенным валом;
- с различными формами спиралей (Архимеда, эвольвента, кусочно-окружная и др.).

Основные преимущества спиральных компрессоров:

- высокая энергетическая эффективность;
- высокая надежность и долговечность;
- хорошая уравновешенность;
- малый момент на валу компрессора;
- небольшие скорости движения газа;
- низкий уровень шума;
- быстроходность — число оборотов от 1 000 до 13 000 $мин^{-1}$;
- отсутствие мертвого хода;
- малая доля перетечек, высокий индикаторный КПД;
- отсутствие клапанов всасывания.

Недостатком спиральных компрессоров является сложность конструкции и изготовления спиралей.

В **винтовых компрессорах** рабочее вещество сжимается двумя винтами, на одном из которых нарезаны выпуклые, а на другом вогнутые зубья. Роль цилиндра выполняют полости (впадины между зубьями винтов). Повышение давления газа в них достигается за счет уменьшения замкнутого объема газа. Винтовые компрессоры быстроходные и не имеют всасывающих и нагнетающих клапанов.

IBIK

4.1.1. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Поршневые компрессоры могут быть трех типов:

- открытого типа, в котором ось компрессора выходит из компрессора наружу и приводится во вращение от двигателя через передачу (ременную, соединительной муфтой и др.);
- герметичные компрессорные агрегаты, в которых компрессор и электродвигатель имеют общий вал и заключены в общий герметичный заваренный корпус;
- бессальниковый компрессорный агрегат, который отличается от герметичного тем, что герметичность корпуса в них обеспечивается болтовыми соединениями.

Принцип работы поршневого компрессора проиллюстрирован на рис. 4.1.2.

На рис. 4.1.2, *а* показано движение поршня (*5*) вниз. В цилиндре (*4*) уменьшается давление за счет увеличения объема и становится ниже, чем давление во всасывающем патрубке. Всасывающий клапан (*3*) от-

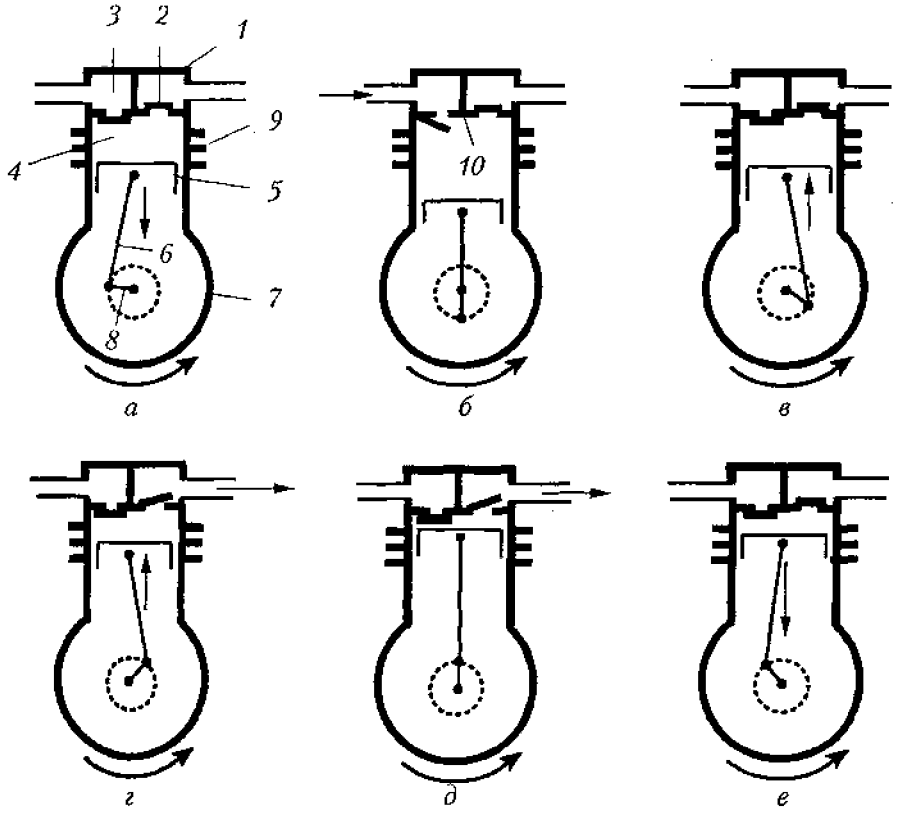


Рис. 4.1.2. Принцип работы поршневого компрессора [21]:
1 – головка блока; 2 – нагнетательный клапан; 3 – всасывающий клапан; 4 – блок цилиндров; 5 – поршень; 6 – шатун; 7 – картер; 8 – кривошип; 9 – охлаждающие ребра; 10 – клапанная плита

IBIK

крывается, и по мере опускания поршня газ заполняет цилиндр. После того как поршень пройдет нижнюю мертвую точку (НМТ) (рис. 4.1.2, *б*), он начнет двигаться в обратном направлении, сжимая пары в цилиндре и тем самым закрывая всасывающий клапан. В это время нагнетательный клапан (*2*) остается закрытым, так как давление в цилиндре пока ниже давления в нагнетательной магистрали и еще недостаточно для того, чтобы преодолеть сопротивление нагнетательного клапана (рис. 4.1.2, *в*). Затем давление в цилиндре (рис. 4.1.2, *г*) не только достигает значения, равного давлению в нагнетательной магистрали, но и превосходит его настолько, чтобы преодолеть сопротивление нагнетательного клапана и открыть его. Сжатые пары получают возможность выхода из цилиндра до тех пор, пока поршень не дойдет до верхней мертвой точки (ВМТ) (рис. 4.1.2, *д*).

По конструктивным требованиям поршень не должен соприкасаться с клапанной плитой (*10*). В компрессоре всегда предусмотрен зазор между крышкой цилиндра и поршнем, чтобы поршень не ударялся о крышку цилиндра. Кроме того, в крышке имеются углубления, образуемые клапанами, дополнительные пустоты в виде канавок, сверлений, проточек и т. д. Вместе они образуют мертвый объем или мертвое пространство. Когда поршень приходит в верхнюю мертвую точку, в цилиндре всегда остается рабочее вещество. При движении поршня от ВМТ к НМТ рабочее вещество, оставшееся в мертвом объеме, расширяется. Вследствие этого давление в цилиндре, при котором может быть открыт всасывающий клапан, будет достигнуто лишь после того, как поршень пройдет определенное расстояние от ВМТ. В результате всасывание происходит лишь на части хода поршня, что приводит к снижению объемной производительности. Как только поршень начнет двигаться вниз, пары, заключенные в мертвом объеме, начнут расширяться, и давление в цилиндре станет ниже давления в нагнетательной магистрали. Нагнетательный клапан (*2*) закрывается (рис. 4.1.2, *е*). В момент, когда давление в цилиндре становится ниже давления во всасывающей магистрали, открывается всасывающий клапан (*3*), обеспечивая, таким образом, новый цикл (рис. 4.1.2, *а*).

Исходя из изложенного, можно сделать следующие выводы:

- чем ниже давление всасывания (испарения), тем меньшее количество хладагента попадет в цилиндр при всасывании;
- чем выше давление нагнетания (конденсации), тем меньшее количество паров хладагента попадет в нагнетательную магистраль;
- чем больше отношение давления нагнетания к давлению всасывания, тем меньше прокачивается хладагента через компрессор.

ІВІК

4.1.1.1. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Теоретически производительность компрессора за один ход поршня определяется произведением удельной холодопроизводительности циркулирующего хладагента (c_r) на объем, описываемый поршнем за один ход ($V_п$):

$$q_x = c_r \cdot V_п. \qquad (4.1.1)$$

Удельная холодопроизводительность равна разности энтальпий хладагента на входе и выходе компрессора:

$$c_r = I_{вых} \cdot I_{вх}. \qquad (4.1.2)$$

Объем $V_п$ (м^3), описываемый поршнем компрессора за один оборот, равен:

$$V_п = \frac{\pi \cdot D^2}{4} h_п, \qquad (4.1.3)$$

где D — диаметр цилиндра;

$h_п$ — полный ход поршня от верхней мертвой точки до нижней мертвой точки.

Однако реальная производительность отличается от теоретической из-за различного вида потерь, основные из которых рассмотрены ниже.

Объемные потери

Предположим, что за один ход поршня в компрессор поступает $V_п$ (м^3) хладагента. Однако из-за наличия мертвого объема, гидравлических потерь, перетечки хладагента через уплотнительные кольца количество хладагента, перекачиваемого поршнем, значительно меньше.

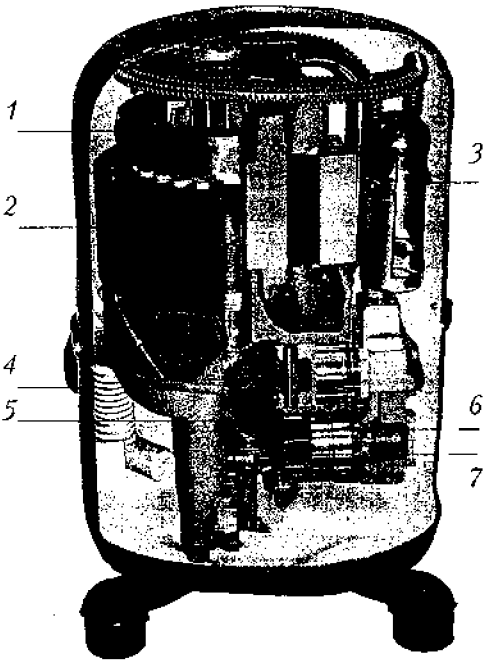


Рис. 4.1.3. Поршневой компрессор (в разрезе):
1 — обмотка электродвигателя;
2 — сердечник электродвигателя;
3 — глушитель;
4 — пружинный амортизатор;
5 — коленчатый вал;
6 — цилиндр;
7 — шатун

IBIK

Уменьшение количества хладагента (объемные потери) характеризуются коэффициентом подачи λ, который можно представить в виде произведения частных коэффициентов, отражающих указанные выше объемные потери

$$\lambda=\lambda_c\cdot\lambda_{др}\cdot\lambda_W\cdot\lambda_{пл}\cdot\lambda_м\,, \qquad (4.1.4)$$

где λ_c — коэффициент, учитывающий потери из-за мертвого объема;

$\lambda_{др}$ — коэффициент дросселирования и пульсации, характеризующий отклонение давления в цилиндре в момент начала сжатия от давления перед всасывающим патрубком;

λ_W — коэффициент подогрева, учитывающий подогрев всасываемого пара и испарение жидкости;

$\lambda_{пл}$ — коэффициент плотности, учитывающий перетечки рабочего вещества через неплотности;

$\lambda_м$ – коэффициент, учитывающий наличие масла в хладагенте.

Объемные потери определяют по индикаторной диаграмме, которая может быть представлена в координатах $P–t$ (давление – время) или в координатах $P–V$ (давление – объем).

Рассмотрим работу, совершаемую при перемещении поршня в цилиндре (рис. 4.1.4).

Если газ, находящийся в цилиндре, поршень будет сжимать (рис. 4.1.4, *а*), то его объем будет уменьшаться и над газом будет совершена положительная работа. Если объем, занимаемый газом, увеличивать, то работа будет отрицательная.

Если поршень перемещается на элемент длины dl и если допустить, что приложенная к нему сила F не успеет за это время измениться, то совершаемая работа равна dW:

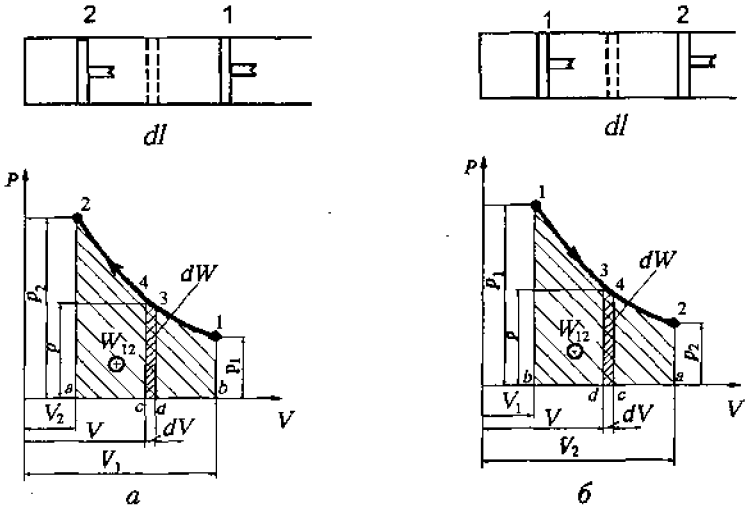


Рис. 4.1.4. Графическое представление работы поршня

$$dW = F \cdot dl. \tag{4.1.5}$$

Но сила F равна произведению давления p на площадь S, то есть

$$F = p \cdot S, \tag{4.1.6}$$

где S представляет в нашем случае площадь поверхности поршня. Если учесть, что при перемещении поршня на длину dl объем газа изменится так, что

$$dV = S \cdot dl,\ dl = \frac{dV}{S}, \tag{4.1.7}$$

то элементарное изменение работы будет равно:

$$dW = p \cdot S\ \frac{dV}{S} = pdV. \tag{4.1.8}$$

Если работа совершается в цикле, то ее можно представить как множество элементарных площадей. На рис. 4.1.5 показано схематическое представление работы компрессора (индикаторная диаграмма).

Индикаторная работа, совершаемая поршнем, равна площади S_i индикаторной диаграммы с учетом масштаба по осям диаграммы (m_p, m_v)

$$W_i = F_{ig} \cdot m_p \cdot m_v = \int pdV, \text{ Дж}, \tag{4.1.9}$$

где F_{ig} — площадь индикаторной диаграммы, мм^2;

m_p — масштаб по оси давлений, Па/мм;

m_v — масштаб по оси объема, м^3/мм.

По индикаторной диаграмме определяют среднее индикаторное давление. Это такое условное постоянное давление, преодолевая которое в течение всего своего хода поршень совершит работу, соответствующую данной индикаторной диаграмме:

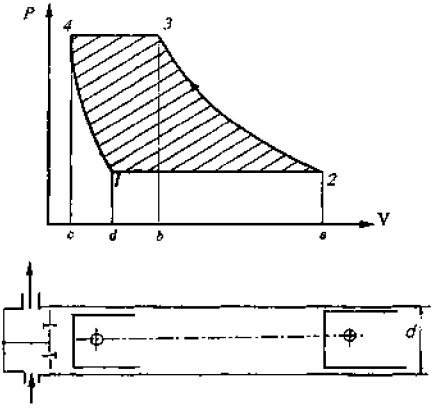


Рис. 4.1.5. Индикаторная диаграмма компрессора (без учета потерь)

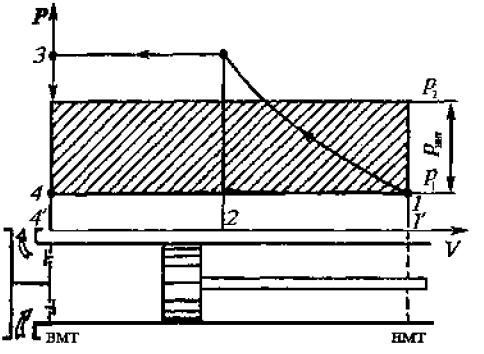


Рис. 4.1.6. Определение среднего индикаторного давления

$$P_{i\text{ср}} = \frac{W_i}{V_i}. \qquad (4.1.10)$$

Индикаторная мощность компрессора есть произведение индикаторной площади на среднее индикаторное давление:

$$N_i = P_{i\text{ср}} \cdot S_i. \qquad (4.1.11)$$

Однако реальная индикаторная диаграмма отличается от диаграммы, приведенной на рис. 4.1.5, что связано с различными потерями в компрессоре.

Процесс сжатия *1–2* (рис. 4.1.7) начинается в точке *1* при давлении ниже давления всасывания в компрессоре $p_{вс}$ на величину Δp_1, определяемую гидравлическими потерями во всасывающей полости и особенно в клапанах. В точке *2'* давление в цилиндре достигнет давления нагнетания компрессора, однако сжатие будет продолжаться. Для того, чтобы открыть нагнетательный клапан компрессора, необходимо преодолеть силу упругости пружины и силу ее инерции, так как при поднятии или изгибе пластина движется с ускорением. По мере открытия клапана рабочее вещество будет проходить в нагнетательную полость, преодолевая гидравлическое сопротивление, пока пластина клапана не поднимется полностью.

На рис. 4.1.7 над индикаторной диаграммой условно представлена кривая изменения высоты подъема нагнетательного клапана $x_{н.кл}$, из которой видно, что клапан начинает открываться в точке *2* при давлении более высоком, чем давление нагнетания $p_н$.

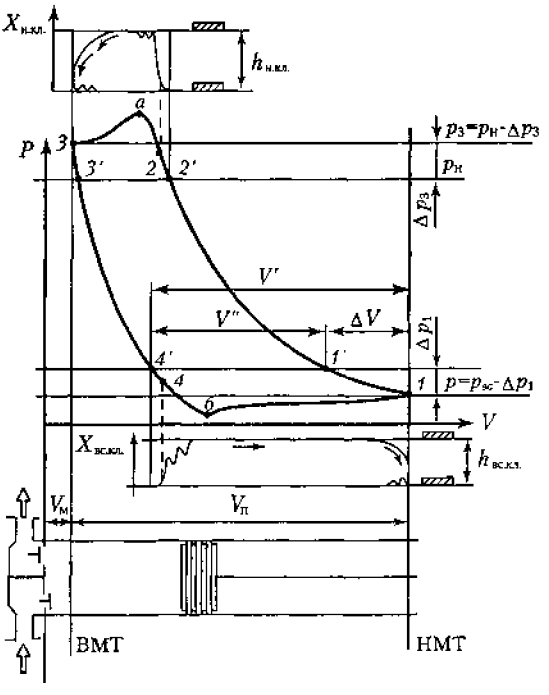


Рис. 4.1.7. Реальная индикаторная диаграмма поршневого компрессора

Процесс нагнетания *2–3* идет при переменном давлении, которое достигает максимума в точке *а*, а затем по мере уменьшения скорости поршня снижается до давления p_3, превышающего давление нагнетания $p_н$ на величину Δp_3 (потерь давления в нагнетательном клапане). По мере приближения поршня к ВМТ нагнетательный клапан начинает закрываться. Это видно из кривой подъема клапана.

Процесс расширения *3–4* рабочего вещества, оставшегося в мертвом пространстве под давлением p_3, проходит на части хода поршня и заканчивается в точке *4* при давлении в цилиндре более низком, чем давление всасывания. Это обусловлено необходимостью преодоления сил упругости пружины и ее инерции, а также гидравлического сопротивления всасывающего клапана. Эти особенности качественно одинаковы для всех типов самодействующих клапанов.

Процесс всасывания *4–1* проходит с переменным давлением, которое достигает минимума в точке *б*, примерно соответствующей полному открытию всасывающего клапана, и в дальнейшем несколько повышается до давления p_1 — меньшего, чем давление всасывания на величину Δp_1 (потери давления во всасывающем клапане).

Площади *2'–2–а–3–3'* и *1–1'–4'–4–б* являются работой, потерянной вследствие гидравлического сопротивления в клапанах.

Коэффициент подачи в значительной степени зависит от режима работы холодильной машины. Так, у всесезонного кондиционера, работающего при температуре наружного воздуха –20 °С, коэффициент $\lambda_c = 0{,}75$, а при температуре –5 °С – $\lambda_c = 0{,}95$.

Коэффициент дросселирования $\lambda_{др}$ учитывает уменьшение производительности из-за потерь давления во всасывающем тракте и клапане, вследствие которых процесс сжатия начинается при давлении p_1 более низком, чем давление всасывания на входе в компрессор.
У среднетемпературных компрессоров коэффициент дросселирования лежит в пределах $\lambda_{др} = 0{,}98–1{,}00$.

Коэффициент подогрева (λ_w) оценивает уменьшение производительности компрессора из-за подогрева рабочего вещества при его движении от входного сечения всасывающего патрубка до момента закрытия всасывающего клапана. В процессе движения рабочее тело нагревается от корпуса компрессора, всасывающего клапана, крышки, стенок цилиндра, поршня. При этом его удельный объем увеличивается, масса всасываемого хладагента уменьшается, и, следовательно, производительность компрессора падает. Эта потеря производительности является скрытой и не может быть определена по индикаторной диаграмме. Коэффициент подогрева (λ_w) зависит от отношения давлений конденсации и испарения и лежит в пределах 0,98–0,75.

Коэффициент плотности ($\lambda_{пл}$) учитывает уменьшение производительности компрессора из-за утечек и перетечек через уплотнения ком-

IBIK

прессора, которые так же, как и потери от подогрева, являются скрытыми. Коэффициент плотности у поршневых компрессоров лежит в пределах $\lambda_{пл} = 0{,}95–0{,}99$.

В холодильных машинах масло, растворенное в хладагенте и циркулирующее в системе, снижает холодопроизводительность. Это снижение оценивается коэффициентом ($\lambda_м$), который лежит в пределах 0,94–0,97.

Из рис. 4.1.8 видно, что с повышением давления нагнетания (точка *2*) подача и объемный КПД компрессора уменьшаются и в пределе могут стать равными нулю (точка *3″*). По этой причине одноступенчатые компрессоры непригодны для создания высоких давлений.

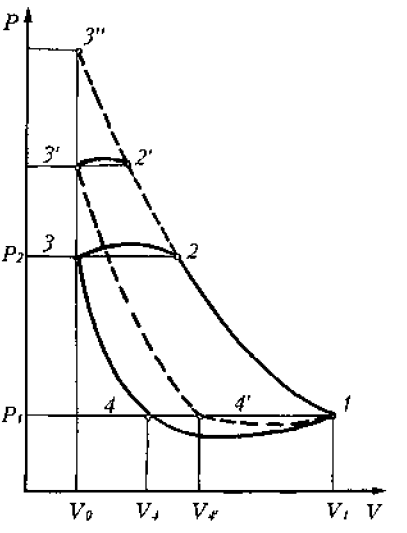


Рис. 4.1.8. Индикаторная диаграмма при больших давлениях нагнетания

Другой, не менее важной причиной ограничения сжатия компрессора является недопустимость высокой температуры в конце сжатия. Повышение температуры газа сверх 200 °С ухудшает условия смазки поршневых компрессоров (происходит коксование масла), а в некоторых случаях может привести к самовоспламенению распыленного смазочного вещества.

Для получения сжатого газа более высокого давления (20 МПа и выше) применяются многоступенчатые компрессоры с промежуточным охлаждением газа после каждой ступени (рис. 4.1.9). Здесь газ после сжатия в ступени *1* (процесс *1–2* на рис. 4.1.10) поступает в холодильник, внутри которого находится змеевик, охлаждаемый водой. После изобарного охлаждения (процесс *2–3*) газ с более низкой температурой подается во вторую ступень, где окончательно сжимается (процесс *3–4*) до требуемого давления P_3.

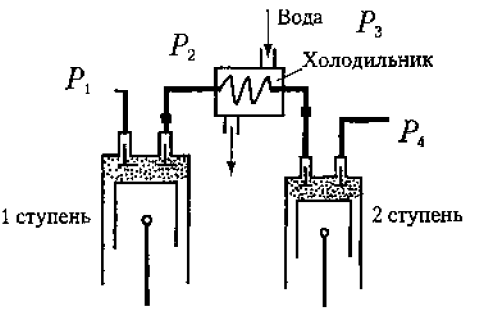


Рис. 4.1.9. Схема двухступенчатого компрессора

IBIK

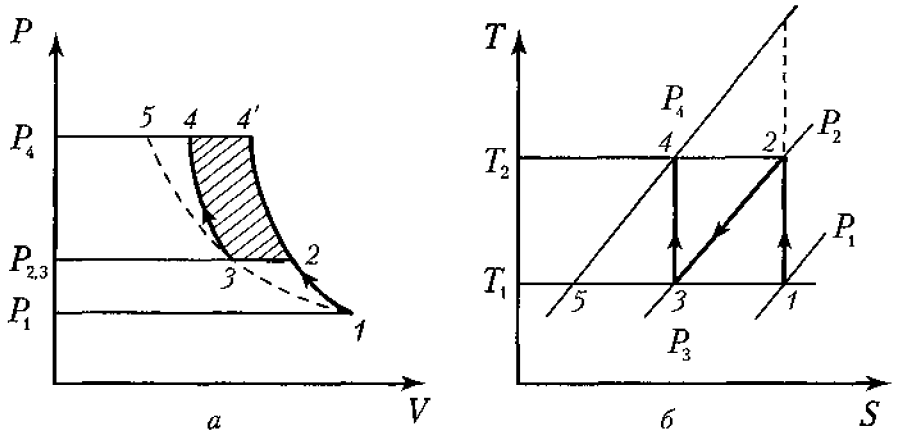


Рис. 4.1.10. График процесса сжатия в двухступенчатом компрессоре:
а — в *P-V* координатах; *б* — в *T-S* координатах

Заштрихованная на рис. 4.1.10 площадь *2–3–4–4'* соответствует экономии удельной энергии на сжатие, которая осуществляется за счет промежуточного охлаждения газа.

При увеличении числа ступеней сжатия и промежуточных холодильников процесс повышения давления в многоступенчатом компрессоре может приблизиться к изотермическому (процесс *1–3–5* на рис. 4.1.10, *а*). Обычно при этом стремятся к тому, чтобы газ после промежуточного холодильника имел ту же температуру, с которой он поступил в предыдущую ступень. Наименьшая удельная работа при многоступенчатом сжатии будет в том случае, когда отношение давлений в каждой ступени одинаково для всех ступеней, т. е. $P_1/P_2 = P_3/P_4$.

При одинаковых отношениях давлений во всех ступенях компрессора, равенстве начальных температур и равенстве показателей политропы конечные температуры газа в отдельных ступенях компрессора также будут равны ($T_2 = T_4$). В этом случае степень повышения давления в каждой ступени компрессора определяется выражением:

$$\beta_{ст} = \sqrt[z]{p_{кон} / p_{нач}}, \qquad (4.1.12)$$

где z — число ступеней компрессоров;

$p_{нач}$ – давление газа, поступающего в первую ступень;

$p_{кон}$ – давление газа, выходящего из последней ступени компрессора.

При равенстве конечных температур на выходе из каждой ступени компрессора будет одинаковой затраченная удельная работа во всех его z ступенях. Поэтому для определения удельной работы, затрачиваемой на сжатие газа во всем компрессоре, достаточно рассчитать удельную работу для одной ступени и увеличить ее в z раз.

IBIK

Потери передачи

Компрессор приводится в движение от электродвигателя через привод, в котором также имеются потери, характеризуемые коэффициентом передачи $\lambda_{пр}$.

Так, если вал электродвигателя является одновременно валом компрессора, то $\lambda_{пр} = 0,95-0,98$. При наличии муфты сцепления $\lambda_{пр} = 0,92-0,95$, ременная передача имеет $\lambda_{пр} = 0,88-0,95$. Кроме того, необходимо учитывать КПД двигателя $\eta_{пр} = 0,85-0,95$.

Таким образом, мы видим, что реальная производительность компрессора значительно отличается от теоретической.

Основные технические характеристики компрессора связаны между собой следующей зависимостью [21]:

$$\begin{cases} D^2 \cdot l = 76,43 \cdot 10^9 \dfrac{Q_к}{C_r} \cdot \dfrac{V}{\lambda \cdot n \cdot N}, \\ \dfrac{l}{D} = x, \end{cases} \qquad (4.1.13)$$

где D — диаметр поршня, мм;

l — ход поршня, мм;

$Q_к$ — холодопроизводительность компрессора брутто, кВт;

V — удельный объем паров при всасывании, м^3/кг;

λ — коэффициент подачи;

n — частота вращения компрессора, мин$^{-1}$;

N — число цилиндров.

Холодопроизводительность брутто компрессора равна произведению объемной холодопроизводительности на массовый расход при всасывании.

В технической литературе характеристики компрессора описывают зависимостями его холодопроизводительности $Q_к$, электрической мощности ($N_э$), холодильного коэффициента ε_x от температуры кипения t_0 при фиксированных значениях температуры конденсации $t_к$.

В паспортах на компрессоры указывают следующие технические характеристики:

- холодопроизводительность;
- описываемый объем или ход поршня и диаметр цилиндра;
- среднее индикаторное давление;
- потребляемая мощность;
- степень сжатия;
- холодильный коэффициент;
- коэффициент полезного действия.

ІВІК

4.1.1.2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

Компрессоры на практике часто работают в нерасчетных режимах, при неполных нагрузках и т. д. В этих случаях необходимо регулировать их производительность. Регулировка может быть плавная или ступенчатая.

Способы плавного регулирования производительности компрессоров

1. Изменение частоты вращения компрессора

При этом способе холодопроизводительность меняется пропорционально изменению частоты вращения, а энергетические параметры компрессора практически не меняются. Однако общую оценку эффективности метода следует производить с учетом изменений КПД двигателя и привода.

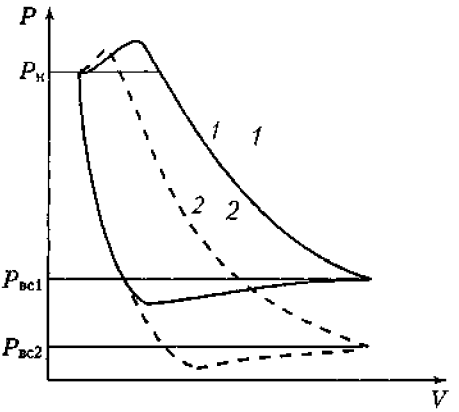


Рис. 4.1.11. Регулирование производительности компрессора дросселированием на всасывании:
1 – индикаторная диаграмма при полной производительности;
2 – при частичной производительности

2. Дросселирование хладагента на всасывании

Дросселирование хладагента на всасывании осуществляется с помощью вентилей или задвижек на всасывающем трубопроводе (рис. 4.1.11.). По энергетической эффективности этот метод проигрывает методу изменения частоты вращения, но он очень простой в реализации.

3. Подключение дополнительного мертвого пространства

При регулировании малый поршень (*1*), расположенный в специальном цилиндре (*2*), соединенном с верхней частью цилиндра компрессора (рис. 4.1.12, *а*), перемещается вправо, и мертвое пространство увеличивается за счет дополнительного объема, открываемого поршнем (*1*). При этом индикаторная диаграмма (рис. 4.1.12, линия *4*) компрессора

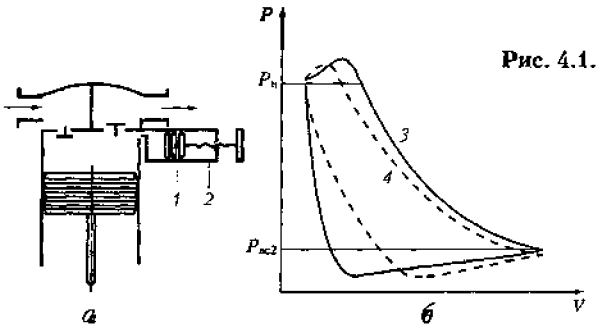


Рис. 4.1.12. Регулирование производительности поршневого компрессора подключением дополнительного мертвого объема:
а – схема подключения дополнительного мертвого объема;
б – индикаторные диаграммы при полной (*3*) и частичной (*4*) производительности компрессора

IBIK

изменяется: процессы обратного расширения и сжатия идут более полого. В результате уменьшается объем рабочего вещества, всасываемого в цилиндр, и коэффициент подачи λ.

По энергетической эффективности этот метод лучше, чем метод дросселирования на всасывании, однако из-за конструктивных трудностей при размещении дополнительных объемов область его применения ограничивается крупными низкооборотными компрессорами с малым числом цилиндров.

4. Принудительное открытие всасывающих клапанов на части хода поршня к ВМТ

На части хода поршня на нагнетании от НМТ до ВМТ всасывающий клапан удерживается открытым с помощью специального устройства, отжимающего пластину от седла. Пока клапан открыт, рабочее вещество выталкивается обратно во всасывающую полость, и как только отжим пластины будет прекращен, клапан закроется и начнется процесс сжатия (рис. 4.1.13).

Применение этого метода регулирования ограничивается сложностью технической реализации механизма отжима пластин всасывающих клапанов, который может быть механическим и пневматическим или электромагнитным. По энергетической эффективности этот метод уступает методу подключения дополнительного мертвого объема, но превосходит метод регулирования дросселирования на всасывании.

5. Перепуск рабочего вещества с нагнетания на всасывание (байпасирование)

Этот способ является самым удобным с точки зрения простоты реализации, но в то же время — энергетически неэффективным. При непосредственном перепуске нагретого рабочего вещества из нагнетательной полости во всасывающую резко возрастает температура всасываемого пара, а с ней и температура нагнетания, что вызывает перегрев компрессора и снижение качества смазочного масла. Чтобы избежать

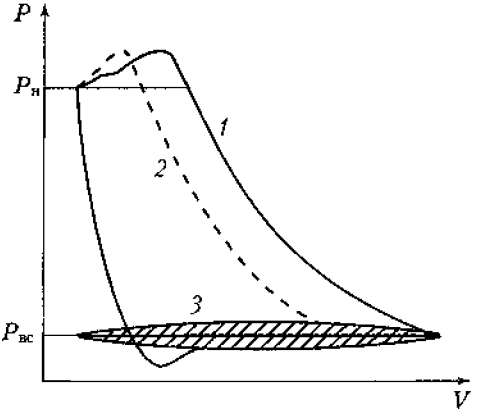


Рис. 4.1.13. Регулирование производительности поршневого компрессора принудительным открытием всасывающего клапана:
1 — полная производительность компрессора;
2 — частичная производительность при принудительном открытии клапана на части хода поршня;
3 — полное отключение компрессора при постоянно открытом всасывающем клапане

этого, на всасывание перепускается охлажденный хладагент с конденсатора через дросселирующее устройство.

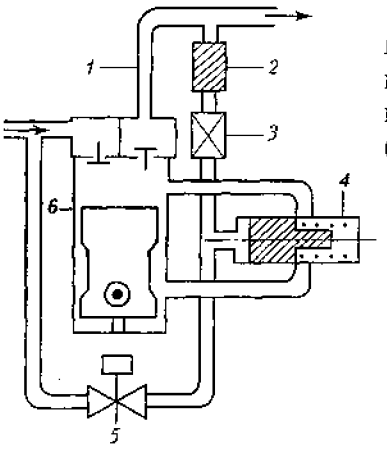
Способы ступенчатого регулирования производительности компрессоров

1. Пуск и остановка компрессора

По энергетической эффективности этот метод достаточно выгоден. Но частые пуски-остановки приводят к чрезмерному механическому износу компрессора из-за уменьшения масляной пленки на его деталях во время остановки. Иногда это приводит к заклиниванию компрессора. Особенно это опасно в холодные периоды, когда при неработающем компрессоре основная часть хладагента сосредоточится в нижней части картера компрессора. Хладагент и масло расслоятся: масло поднимется на поверхность, а хладагент опустится к забору масляного насоса. При очередном пуске компрессора вместо масла в детали компрессора поступит хладагент, являющийся хорошим очистителем. Будут созданы условия, способствующие заклиниванию компрессора. Именно в эти моменты наиболее вероятен выход компрессора из строя. Для исключения заклинивания компрессора при пуске в холодный период года в картер компрессора встраивают электронагреватель, напряжение на который подается при остановке компрессора. При отсутствии встроенного нагревателя на наружную поверхность картера компрессора можно намотать гибкий проволочный нагреватель мощностью 50–100 Вт. Электронагреватель и компрессор теплоизолируются.

2. Перепуск рабочего тела на части хода поршня (ступенчатый байпас)

Клапан байпаса (*4*) (рис. 4.1.14) поджимается пружиной, усилие которой постоянно стремится его открыть. Этому препятствует давление рабочего вещества, которое при закрытом соленоидном клапане (*5*) равно давлению нагнетания, вследствие чего клапан байпаса остается закрытым.



Когда соленоидный клапан (*5*) открывается, начинается перетекание рабочего вещества из нагнетательной полости (*1*) во всасывающую полость (*6*) через фильтр (*2*) и регулируемый дроссельный клапан

Рис. 4.1.14. Регулирование производительности компрессора ступенчатым байпасом:
1 – нагнетательная полость;
2 – фильтр;
3 – дроссельный клапан;
4 – байпасный клапан;
5 – соленоидный клапан;
6 – всасывающая полость

IBIK

(*3*). В зависимости от проходного сечения в клапане (*3*) давление между ним и соленоидным клапаном (*5*) может принимать различные значения. В результате этого байпасный клапан (*4*) под воздействием пружины будет открывать различные проходные сечения основной байпасной линии.

3. Отключение отдельных цилиндров или блоков

Представляет собой частный случай регулирования, при котором всасывающие клапаны принудительно удерживаются в открытом положении.

Если нет механизмов для принудительного открытия клапанов, блоки цилиндров можно отключать с помощью схемы, изображенной на рис. 4.1.15.

При закрытом соленоидном клапане (*4*) работают оба компрессора. При открытии клапана (*4*) нагнетательная полость правого блока соединяется с линией всасывания (*1*). Обратный клапан (*3*) препятствует течению рабочего вещества из нагнетательного тракта (*2*) во всасывающую линию (*1*), и левый блок работает нормально. Правый блок перекачивает рабочее вещество через клапан (*4*) во всасывающий тракт, так что индикаторная диаграмма частично отключенного компрессора практически такая, как и при принудительном открытии всасывающего клапана.

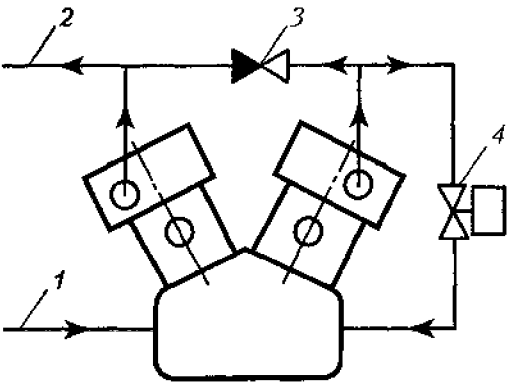


Рис. 4.1.15. Регулирование производительности компрессора отключением одного из блоков:
1 – линия всасывания;
2 – линия нагнетания;
3 – обратный клапан;
4 – соленоидный клапан

4. Применение многоскоростных двигателей переменного тока

Этот метод аналогичен плавному изменению частоты вращения, однако на фиксированных частотах.

4.1.2. РОТАЦИОННЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Ротационные компрессоры — это компрессоры объемного принципа действия с одним или несколькими вращающимися роторами различной конструкции.

IBIK

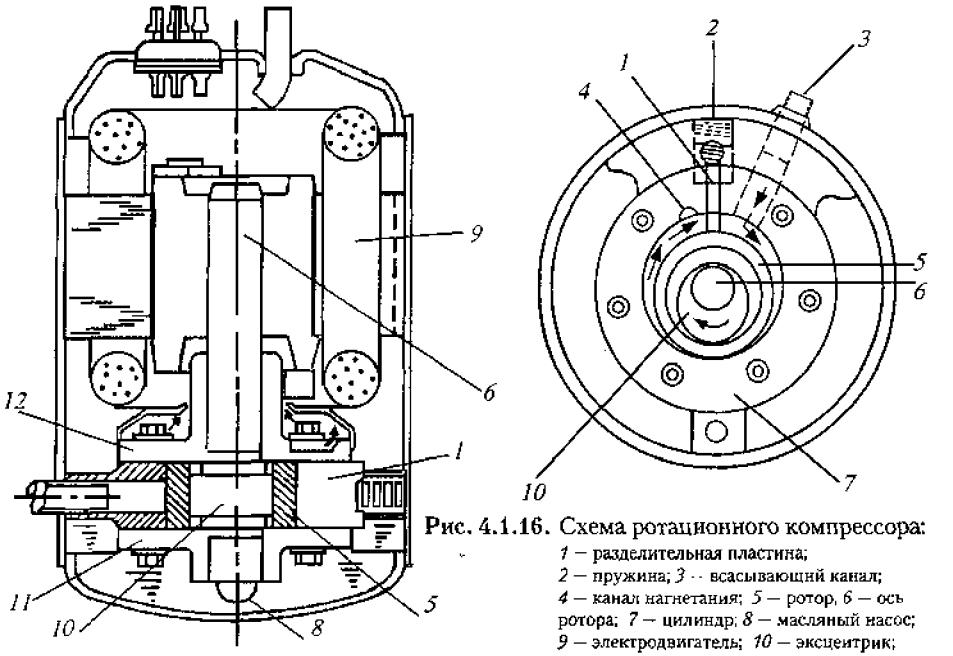


Рис. 4.1.16. Схема ротационного компрессора:
1 – разделительная пластина;
2 – пружина; *3* – всасывающий канал;
4 – канал нагнетания; *5* – ротор, *6* – ось ротора; *7* – цилиндр; *8* – масляный насос;
9 – электродвигатель; *10* – эксцентрик;
11 – основание нижнее; *12* – основание верхнее

Достоинствами ротационных компрессоров являются:

- отсутствие клапанов всасывания;
- низкие газодинамические потери;
- высокий коэффициент подачи и КПД;
- простота конструкции;
- высокая надежность;
- хорошая уравновешенность, низкий уровень шума.

Недостатком ротационных компрессоров является необходимость применения износостойких и антифрикционных материалов для отдельных деталей.

В настоящее время в системах кондиционирования практическое применение получили компрессоры с катящимся ротором и пластинчатые.

Ротационный компрессор с катящимся ротором (рис. 4.1.16) состоит из неподвижного корпуса (цилиндра) (*7*), эксцентричного вала (*10*), насаженного на ротор (*5*), и разделительной пластины или лопасти (*1*). При вращении эксцентричного вала (*10*) вокруг оси ротор (*5*) катится по внутренней поверхности цилиндра (*7*). Между цилиндром и ротором образуется объем, изменяющийся в зависимости от угла поворота ротора. Он делится на две изолированные области пластиной (*1*), плотно прижимаемой к ротору пружиной (*2*). Одна область сообщается с всасывающей камерой, другая через клапан (*4*) — с нагнетательной камерой. Процессы всасывания, сжатия и нагнетания происходят одновременно в двух областях, разделенных ротором и разделительной

IBIK

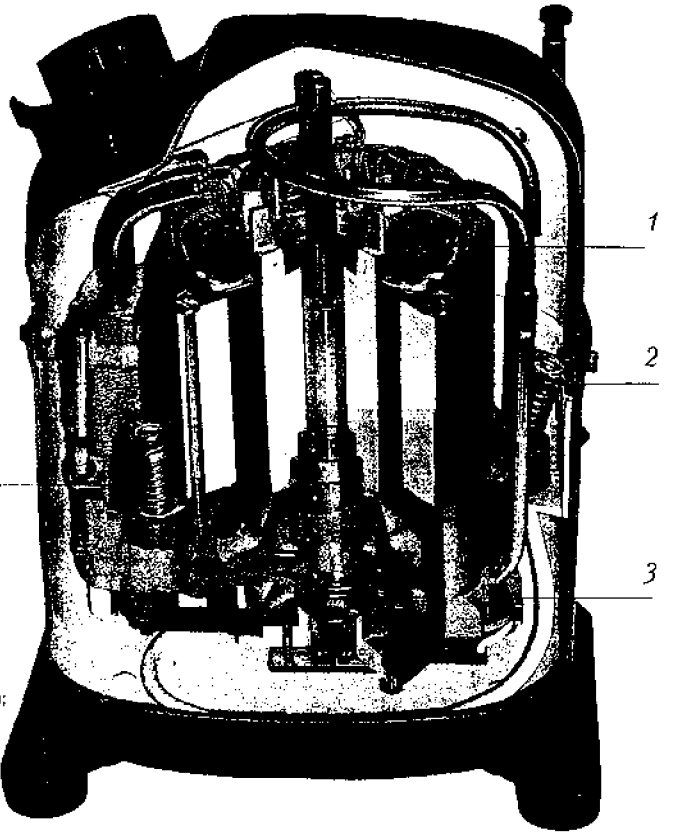


Рис. 4.1.17. Ротационный компрессор (в разрезе):
1 – обмотка электродвигателя;
2 – сердечник электродвигателя;
3 – камера сжатия;
4 – пружинный амортизатор

пластиной, за один оборот эксцентричного вала. Однако полный цикл происходит за два оборота вала. Теоретические циклы холодильной машины с поршневым или ротационным компрессором одинаковы. Особенностью ротационного компрессора является более сложная зависимость объема, описанного ротором, от угла поворота вала. Индикаторная диаграмма приведена на рис. 4.1.19. В ротационных компрессорах с катящимся ротором ось цилиндра неподвижна, а ось ротора описывает вокруг нее окружность, радиус которой равен эксцентриситету вала (рис. 4.1.18):

$$e = R_{ц} - R_{р}, \qquad (4.1.14)$$

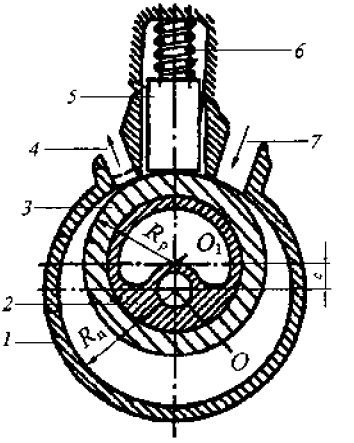


Рис. 4.1.18. Процесс сжатия в ротационном компрессоре:
1 – цилиндр; *2* – эксцентричный вал;
3 – ротор; *4* – нагнетательный клапан;
5 – разделительная пластина;
6 – пружина; *7* – окно всасывания

IBIK

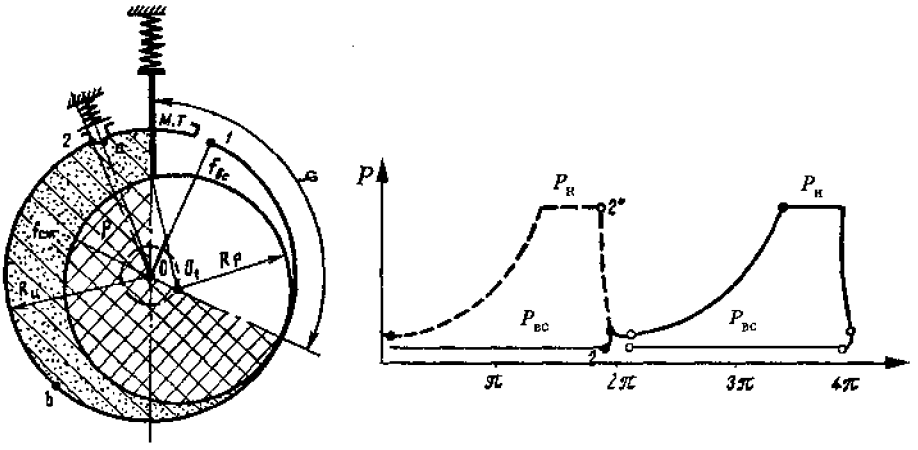


Рис. 4.1.19. Индикаторная диаграмма ротационного компрессора:
а – схема движения ротора; *б* – индикаторная диаграмма

где $R_ц$ — радиус цилиндра;

$R_р$ — радиус ротора.

Объем камеры сжатия:

$$V_{сж} = H \cdot f_{сж}, \tag{4.1.15}$$

где H — высота цилиндра;

$f_{сж}$ — площадь камеры сжатия.

Площадь камеры сжатия:

$$f_{сж} = \frac{1}{2}\left(\int_0^{2\pi} R_ц^2 d_\varphi - \int_0^{2\pi} R_р{}^2 d_\varphi\right). \tag{4.1.16}$$

Общий объем камер сжатия и нагнетания:

$$V_1 = \pi\left(R_ц^2 - R_р^2\right) \cdot H. \tag{4.1.17}$$

Всасывание начинается в точке (*1*) (рис. 4.1.19), когда ротор открывает всасывающее отверстие цилиндра, и заканчивается в точке (*2*), когда ротор проходит нагнетательное отверстие. В этот момент во всасывающую полость, уже заполненную паром, поступает сжатый пар мертвого пространства, происходит обратное расширение. Во время второго оборота вала пар сжимается, вплоть до открытия нагнетательного клапана (точка *b*). Потом происходит выталкивание (*b*–*2*), а затем вновь обратное расширение.

В ротационном пластинчатом компрессоре в роторе имеются радиальные пазы, в которые вставлены пластины (рис. 4.1.20). В пазах пластины могут свободно перемещаться: выдвигаться и вдвигаться в паз благодаря действию центробежных сил. Число пластин может быть от 1 до 36. При вращении ротора, когда впереди идущая пластина ячейки

IBIK

пройдет кромку (*а*) окна всасывания (рис. 4.1.20), начинается всасывание газа. Когда ячейка достигнет максимального объема, всасывание закончится и начнется сжатие газа вследствие изменения объема ячейки. Сжатие заканчивается в момент соединения ячейки с окном нагнетания, когда впереди идущая пластина ячейки пройдет кромку (*б*) окна. После этого начнется нагнетание (вытеснение) газа, которое заканчивается в момент перехода задней пластиной кромки (*в*).

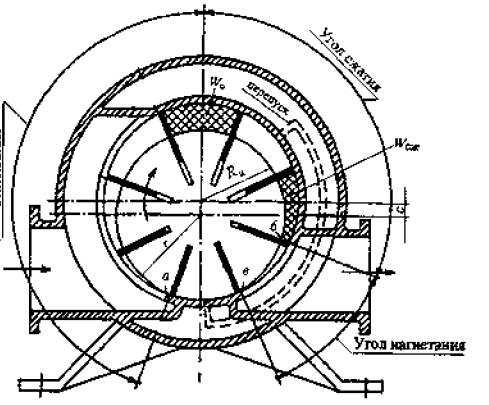


Рис. 4.1.20. Пластинчатый ротационный компрессор

Для полного вытеснения газа из ячейки осуществляется его перепуск через канал (показан штриховой линией) в ячейки с низким давлением газа.

Положение выпускной (верхней) кромки (*в*) окна определяет геометрическую степень сжатия E_r, которая равна отношению максимального объема ячейки V_0 в начале сжатия газа к ее полному объему $V_{сж}$ в конце такта сжатия

$$E_r = V_0 / V_{сж}. \qquad (4.1.18)$$

Пластинчатые ротационные компрессоры работают при подаче небольшого количества масла в цилиндр (капельная смазка). В некоторых компрессорах для уплотнения зазоров в ячейки сжатия подается значительное количество масла. В этом случае на выходе компрессора устанавливается маслоотделитель.

4.1.3. СПИРАЛЬНЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Спиральные компрессоры относятся к овальным машинам объемного принципа действия.

В настоящее время спиральные компрессоры используются в бытовых и полупромышленных кондиционерах производительностью до 50 кВт.

Преимуществами спиральных компрессоров являются:

- высокая энергетическая эффективность (энергетический КПД – 80–86 %);
- высокая надежность и большой срок службы (определяемый только подшипниками);
- хорошая уравновешенность (низкий уровень шумов и вибраций);

IBIK

- отсутствие мертвого объема;
- быстроходность (1 000–13 000 мин$^{-1}$);
- отсутствие клапанов всасывания;
- может работать на любом хладагенте.

Основными элементами спирального компрессора являются две спиральные пластины, вставленные друг в друга (рис. 4.1.21). Спираль (*1*) неподвижна. Центр спирали (*2*) движется по окружности радиусом ε. Вращение осуществляется валом с эксцентриком (*3*). Эксцентрик соединяется шарнирно с противоповоротным устройством (*4*). Подвижная спираль не вращается вокруг своей оси. Она совершает движение только по определенной орбите радиусом ε вокруг оси неподвижной спирали, совпадающей с осью вала. Повороту вращающейся спирали вокруг своей оси препятствует противоповоротное устройство (*4*).

В центре неподвижной пластины расположено нагнетательное отверстие. Подвижная и неподвижная пластины имеют одинаковые размеры, но противоположное направление закрутки спиралей. Если спирали вставлены одна в другую, то между стенками спиралей образуются ячейки. Некоторые из них замкнуты (рис. 4.1.23). Объем замкнутых ячеек при движении (колебании) подвижной пластины изменяется. Газ, находящийся в замкнутом объеме, сжимается и направляется в нагнетательное отверстие.

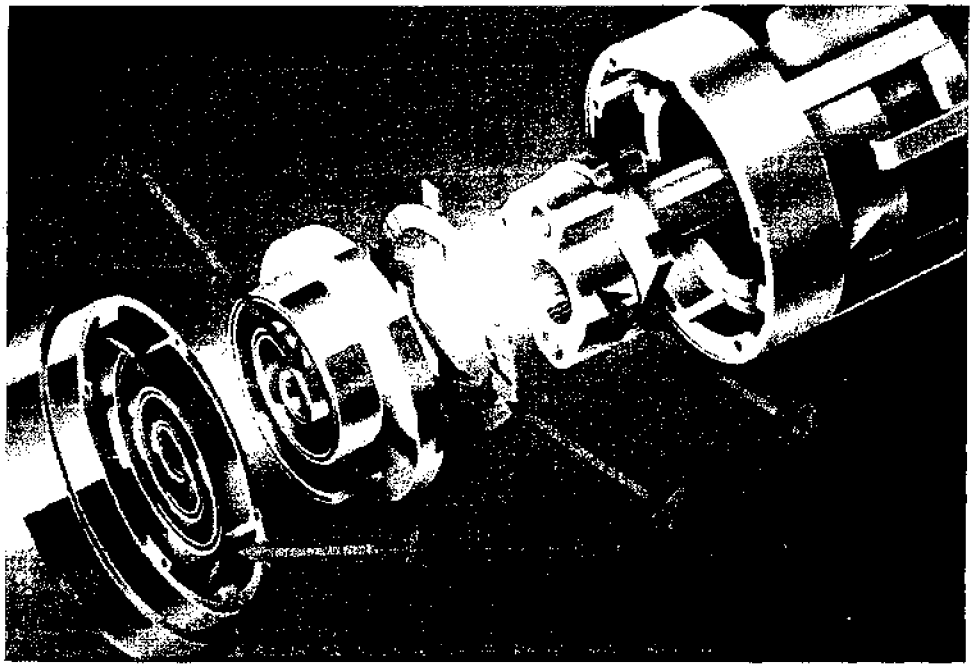


Рис. 4.1.21. Основные элементы спирального компрессора:
1 – неподвижная пластина; *2* – подвижная пластина;
3 – эксцентрик; *4* – противоповоротное устройство

IBIK

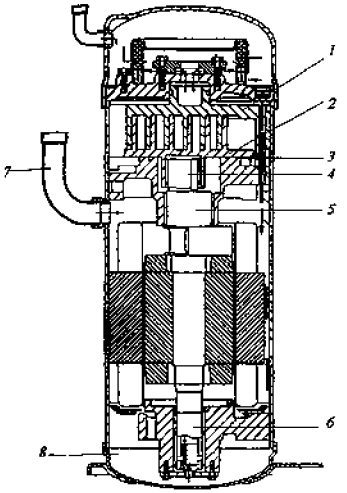


Рис. 4.1.22. Спиральный герметичный компрессор:
1 — неподвижная спираль; *2* — подвижная спираль; *3* — эксцентрик;
4 — противоповоротное устройство;
5 — опорный подшипник;
6 — нижний подшипник;
7 — всасывающий патрубок;
8 — масляный поддон

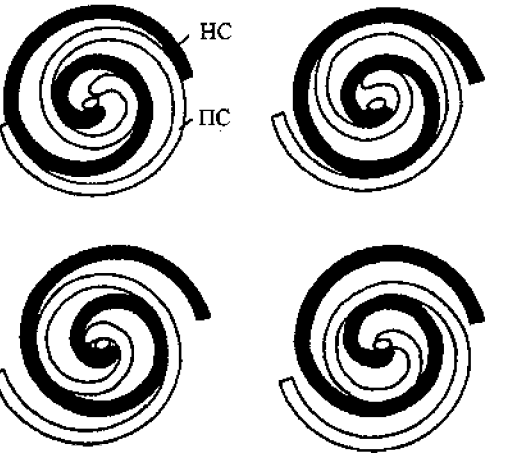


Рис. 4.1.23. Взаимное положение спиралей при перемещении подвижной спирали:
а — положение 0;
б — положение 90°;
в — положение 180°;
г — положение 270°;
НС — неподвижная спираль;
ПС — подвижная спираль

На рис. 4.1.23 показаны взаимные положения спиралей при перемещении подвижной спирали по кривой орбите через 90°. Цикл всасывания (раскрытия и закрытия внешних ячеек) совершается за 1 оборот вала компрессора. Цикл сжатия и выталкивания длится от 2 до 2,5 оборотов в зависимости от угла закрутки спирали и размера окна нагнетания. Все три фазы — всасывание, сжатие и нагнетание — происходят одновременно.

При установившемся режиме работы компрессора давление нагнетания и крутящий момент не пульсирующие, а постоянные (рис. 4.1.26). В этом случае нет необходимости устанавливать ни клапан всасывания (всасывание происходит из кольцевого пространства между корпусом компрессора и внешними дугами спиралей), ни клапан нагнетания.

Однако в холодильных компрессорах при меняющихся температурных режимах давление несколько меняется. Поэтому в них нагнетательный клапан устанавливают.

В спиральном компрессоре холодильный коэффициент за срок службы практически не изменяется. Сравнительные характеристики λ (коэффициент подачи) и η_e (КПД) различных типов компрессоров приведены на рис. 4.1.26 – 4.1.28.

IBIK



Рис. 4.1.24. Спиральная пара:
а: 1 — подвижная спираль; 2 — неподвижная спираль;
б: спиральная пара в сборе

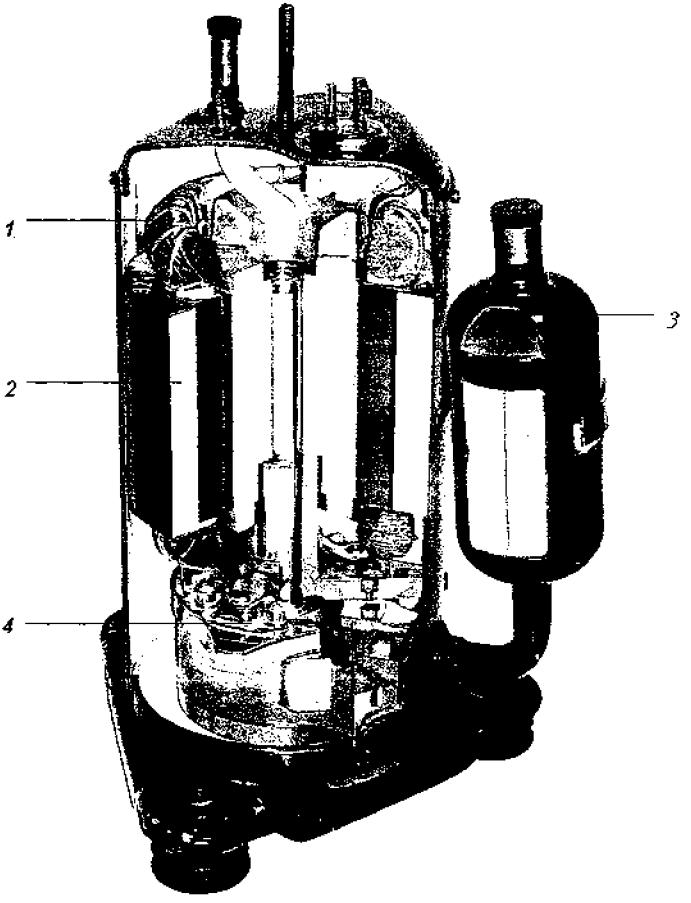


Рис. 4.1.25. Спиральный компрессор (в разрезе):
1 — обмотка электродвигателя; 2 — сердечник электродвигателя;
3 — докнпатель; 4 — спиральная пара

IBIK



Рис. 4.1.26. Зависимость давления нагнетания от угла поворота вала компрессора:
1 – ротационный компрессор;
2 – двухсекционный ротационный компрессор;
3 – спиральный компрессор

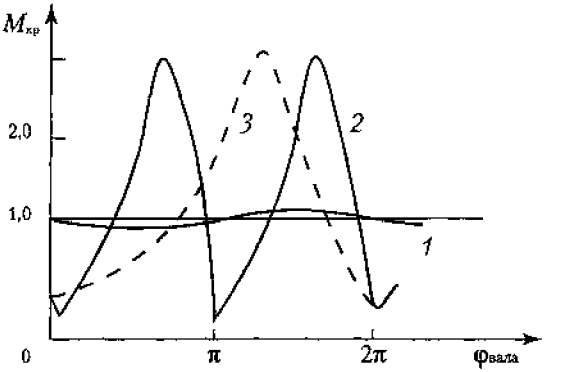
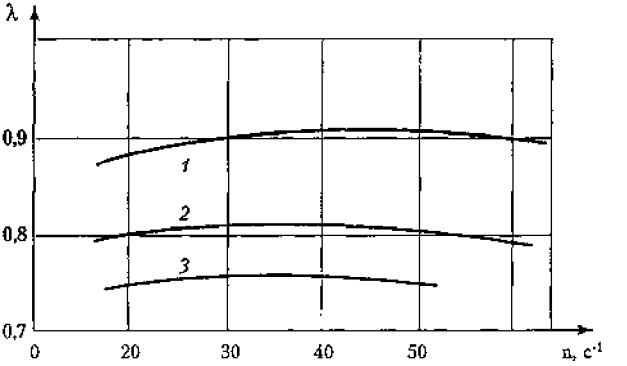


Рис. 4.1.27. Зависимость крутящего момента от угла поворота вала:
1 – спиральный компрессор;
2 – поршневой двухступенчатый компрессор; *3* – ротационный с катящимся ротором



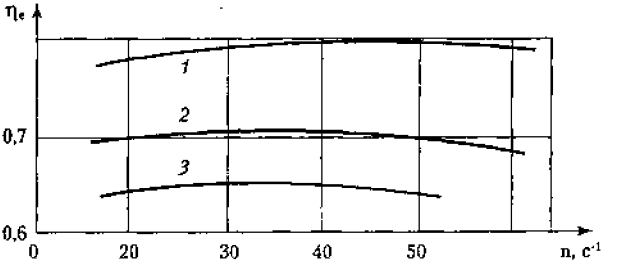


Рис. 4.1.28. Сравнительные характеристики компрессоров:
1 – спиральный;
2 – с катящимся ротором;
3 – поршневой

4.1.4. ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Винтовые компрессоры относятся к классу ротационных машин объемного принципа действия. Основным элементом винтового компрессора является один или два винта, установленные таким образом, что рабочий объем (камера сжатия) образуется во впадинах (полостях) между зубьями винтов. Повышение давления газа в них достигается за счет уменьшения замкнутого (в конце процесса всасывания) объема газа.

Винтовые компрессоры широко применяют в холодильной технике благодаря относительно высокому их качеству: энергетическим и объемным показателям, надежности и долговечности, хорошим массогабаритным показателям, низкому уровню шумов.

Они конкурируют с поршневыми компрессорами в области крупных и средних холодильных машин (до 4 000 кВт). Винтовые компрессоры также применяются в малых холодильных машинах (15–20 кВт) на хладагентах R22, R717 и др. Ограничений по применению холодильных агентов и диапазона температур винтовые компрессоры практически не имеют.

Преимущества винтовых компрессоров:

- высокая эксплутационная и энергетическая эффективность и сохранение ее стабильности во времени;
- высокая надежность и большой срок службы;
- работа на любых газах и их смесях;
- плавность изменения характеристик компрессора при изменении частоты вращения;
- отсутствие клапанов и малое число деталей;
- полная уравновешенность роторов;
- низкий уровень шумов и вибраций.

Компрессоры выполняются в двух модификациях: с одинарным винтом и двойным винтом.

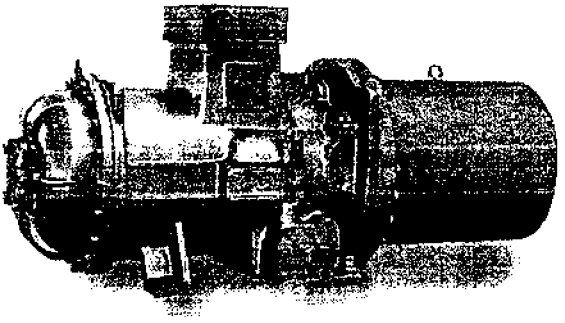


Рис. 4.1.29. Внешний вид винтового компрессора

В одновинтовых компрессорах камера сжатия образуется с помощью шестерен (*2*), располагаемых по бокам винта (рис. 4.1.30).

Сжатие паров хладагента производится по принципу, используемому в шестеренчатых насосах. Вращение шестерен (*2*) обеспечивается

IBIK

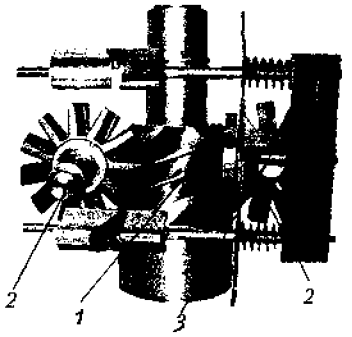


Рис. 4.1.30. Основные элементы одновинтового компрессора:
1 – центральный ротор;
2 – шестерни;
3 – скользящий клапан

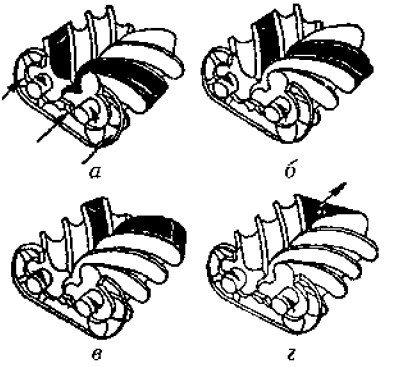


Рис. 4.1.31. Процесс сжатия хладагента в винтовом компрессоре:
а – всасывание; *б* – сжатие;
в – окончание внутреннего сжатия;
г – нагнетание (выталкивание)

центральным ротором (винтом) (*1*). Пары хладагента через отверстие всасывания поступают к шестерням, сжимаются и через клапан (*3*) поступают в нагнетательную полость.

Плотность прилегания винтов обеспечивается маслом, которое в дальнейшем отделяется от хладагента маслоотделителем и возвращается в компрессор.

В моделях с двумя винтами основной винт приводит во вращение вспомогательный (приводной) винт (рис. 4.1.32).

При вращении винтов у торца всасывания образуется разрежение, благодаря которому газ из камеры всасывания через окно всасывания поступает во впадины винтов (рис. 4.1.31).

Зуб ведомого винта первым вступает во впадину ведущего. Затем зуб ведущего входит во впадину ведомого и их впадины объединяются, образуя одну общую парную полость. В парной полости происходит сжатие, так как по мере вращения винтов ее объем уменьшается. По достижении заданного давления (давления внутреннего сжатия) парная полость подходит к окну нагнетания, и через него газ выталкивается в камеру нагнетания.

Таким образом, в винтовом компрессоре осуществляются последовательно процессы: всасывания, переноса, сжатия и выталкивания газа. Отличительной особенностью винтовых компрессоров является отсутствие четкой грани между этими процессами.

Рабочий цикл винтового компрессора совершается за короткое время.

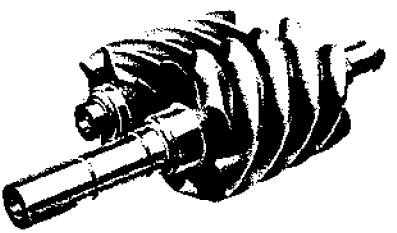


Рис. 4.1.32. Роторы двухвинтового компрессора

IBIK

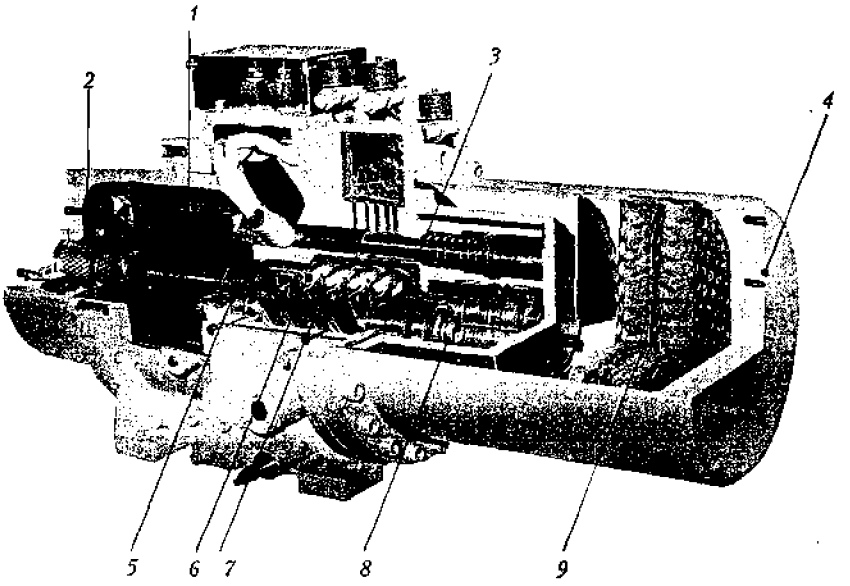


Рис. 4.1.33. Общий вид двухвинтового компрессора (в разрезе):
1 – электрический двигатель;
2 – фильтр на линии всасывания;
3 – скользящий клапан;
4 – корпус;
5 – подшипник;
6 – основной ротор (винт);
7 – приводной (вспомогательный) ротор;
8 – ось вспомогательного ротора;
9 – фильтр-маслоотделитель

Так, при частоте вращения 50 $с^{-1}$ ведущего винта, имеющего 4 зуба, за один оборот произойдет 4 цикла, каждый из которых длится 1/50 с.

Объемная производительность винтового компрессора зависит от протечек газа через щели. Протечки делятся на утечки и перетечки.

Утечки — это протечки из области сжатия и камеры нагнетания в области всасывания.

Перетечки — это протечки в парные полости компрессора в процессе сжатия в них газа после отсоединения (отхода) их от камеры всасывания.

На коэффициент подачи компрессора в основном влияют утечки и в меньшей степени перетечки. Коэффициент подачи винтовых компрессоров составляет 0,85–0,95.

IBIK

4.2. ТЕПЛООБМЕННЫЕ АППАРАТЫ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

4.2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Теплообмен между твердыми телами и газами или жидкостями, которые имеют различные температуры, может происходить тремя разными способами: излучением, теплопроводностью и конвекцией.

При излучении тепло передается от одного тела к другому с помощью электромагнитных волн, без прямого контакта между излучающим и поглощающим телами. При теплопроводности тепло распространяется внутри тела от частицы к частице, причем эти частицы остаются неподвижными. При конвекции перенос тепла осуществляется жидкой или газообразной средой к твердому телу или наоборот. Как правило, эти три механизма действуют одновременно.

В холодильных машинах теплообмен осуществляется теплообменными аппаратами, состоящими из теплообменников и вентиляторов. Применяются два вида теплообменников: испарители и конденсаторы.

Испаритель — это теплообменник, в котором тепло передается от охлаждаемой среды к охлаждающему веществу, циркулирующему в холодильном контуре.

Охлаждающее вещество — это жидкость или газ, которые могут быть в виде:

- хладагента, если необходимо получить низкие положительные или отрицательные температуры;
- рассола — для получения низких температур;
- воды (или другой незамерзающей жидкости) — для охлаждения до температур положительных, но близких к 0 °С.

Конденсатор — это теплообменник, в котором обмен теплом осуществляется между хладагентом и охлаждающей средой, которая может быть жидкой (вода) или газообразной (воздух). Как правило, в конденсаторе происходят процессы охлаждения перегретого пара, конденсации и переохлаждения. Тепловая энергия, отдаваемая конденсатором, складывается из тепла, поглощенного испарителем, и тепла, вырабатываемого компрессором при сжатии хладагента. Тепло, выделяемое конденсатором, примерно на 30–35 % больше производительности холодильной машины.

В **центральных кондиционерах** применяются теплообменники "фреон–воздух", "жидкость–воздух" и "воздух–воздух". Последние позволяют использовать тепло (холод) потока воздуха, удаляемого из

IBIK

помещения, для изменения температуры свежего воздуха, подаваемого в помещение. Такие теплообменники называются теплоутилизаторами и подразделяются на три типа:

- перекрестнопоточные (рекуперативные);
- вращающиеся (регенеративные);
- с промежуточным теплоносителем.

В **чиллерах** используются пластинчатые теплообменники "хладагент—жидкость" и "жидкость—жидкость".

К основным техническим характеристикам теплообменных аппаратов относятся:

- производительность при заданном температурном напоре, Вт;
- площадь теплопередающей поверхности, $м^2$;
- масса, кг;
- габаритные размеры, м;
- уровень шума (с учетом шума вентиляторов), дБ;
- надежность.

Акустические характеристики особенно важны для теплообменных аппаратов с принудительным движением воздуха. Иногда шумы теплообменного аппарата соизмеримы с шумами компрессора.

Надежность холодильных машин во многом зависит от качества изготовления теплообменников. Теплообменные аппараты часто становятся причиной отказа холодильной машины из-за утечек фреона в местах некачественной пайки или местах соединений.

Эффективность теплообменных аппаратов оценивают с помощью таких показателей:

- коэффициент теплопередачи, $Вт/(м^2 \cdot К)$;
- удельная тепловая нагрузка, $Вт/м^2$;
- гидравлическое сопротивление, Па;
- удельная материалоемкость, кг/Вт;
- удельный габаритный объем (отношение произведения габаритных размеров к производительности), $м^3/кВт$.

По процессам, происходящим внутри испарителя, разделяют испарители с перегревом (сухие испарители) и затопленные испарители.

В **испарителях с перегревом** испарение хладагента происходит таким образом, что количество жидкого хладагента, подаваемое в этот испаритель, в точности соответствует тому количеству, которое может в нем испариться. Регулировка количества хладагента в испарителе производится терморегулирующим вентилем по величине перегрева хладагента на выходе испарителя. В испарителях с перегревом в каждой трубке всасывающего коллектора или во фреоновой магистрали непосредственно на выходе испарителя необходимо устанавливать маслоподъемную петлю.

В **затопленных испарителях** всегда находится такое количество хладагента, которое необходимо, чтобы поверхность теплообмена постоянно была в контакте с жидким хладагентом. Главное преимущество

IBIK

этого типа испарителей состоит в том, что их коэффициент теплообмена гораздо выше, следовательно, и производительность выше. В то же время их регулирование должно быть очень точным, чтобы не вывести из строя компрессор гидравлическим ударом. В такие системы необходимо устанавливать докипатели жидкости с подогревом, а для возврата масла в компрессор — маслоотделители. Кроме того, предъявляются особые требования к монтажу и расположению докипателя, маслоотделителя, трубопроводов по отношению к испарителю и компрессору.

По конструктивному исполнению испарители подразделяются на кожухотрубные, панельные, с оребренными трубами.

Кожухотрубные испарители используются в основном как охладители жидкости (вода, вино, молоко и др.). Охлаждаемая жидкость циркулирует внутри пучка труб, а кипящий хладагент заполняет большую часть пространства между трубами, омывая трубы снаружи.

В холодильных машинах систем кондиционирования в основном применяют ***змеевиковые испарители с оребренными трубами.*** Обычно применяется труба медная, а ребра — алюминиевые толщиной 0,1–0,2 мм. Коэффициент теплоотдачи таких испарителей зависит от скорости воздуха, отношения поверхностей теплообмена со стороны воздуха и со стороны хладагента, эффективности ребер и др. При температуре поверхности испарителя ниже точки росы часть паров воды, содержащейся в воздухе, конденсируется, оседая на его поверхность. Если температура теплообменника по каким-либо причинам снизится ниже 0 °С, на нем образуется иней. В результате уменьшится коэффициент теплоотдачи, процесс образования инея ускорится. Для исключения этого явления необходимо при проектировании правильно выбирать расстояние между пластинами и в процессе эксплуатации периодически проводить оттаивание инея. Оттаивание, как правило, выполняется автоматически.

4.2.2. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ [21]

Производительность испарителя (количество тепла, передаваемое испарителем за единицу времени) определяется по формуле:

$$Q = K_m \cdot S \cdot \Delta t_m, \text{ Вт}, \qquad (4.2.1)$$

где K_m — коэффициент теплопередачи теплообменника, Вт/(м²·К);

S — площадь поверхности теплообменника, м²;

Δt_m — средняя логарифмическая разность температур, °С.

Коэффициент теплопередачи K_m для обменивающихся потоков среды 1 и среды 2 (рис. 4.2.1) зависит от направления этих потоков. Потоки могут быть параллельными, противоположно направленными и перекрестными.

IBIK

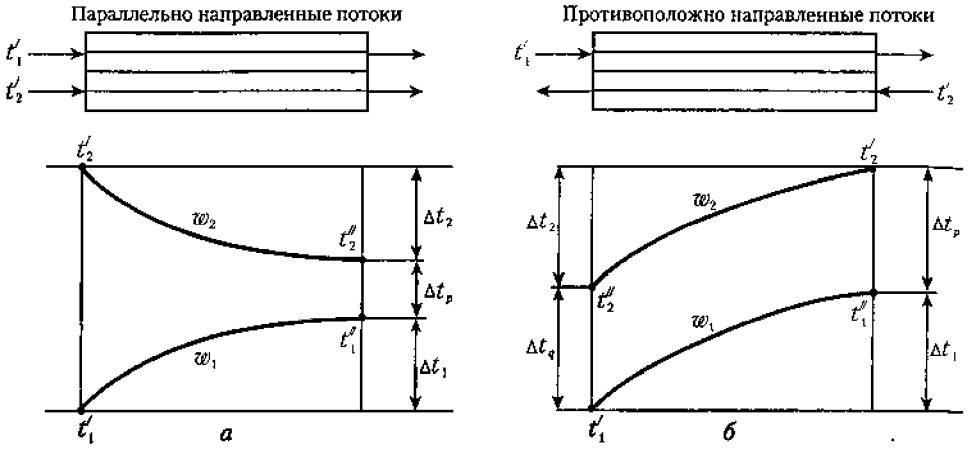


Рис. 4.2.1. Изменение температур в теплообменниках с параллельными (*а*) и с противоположно направленными (*б*) потоками

Таблица 4.2.1. Коэффициенты теплоотдачи испарителей с оребренными трубками (трубки медные, ребра алюминиевые), работающих с перегревом на всасывающей магистрали 3 К

Расстояние между центрами труб, мм		25×25		35×35		50×50		
Диаметр х толщина стенок труб, мм		10×0,75		12×0,75		15×0,75		
Расстояние между ребрами, мм		3,2		3,8		4,5	10	
Толщина ребер, мм		0,4		0,4		0,4		
$Q_{w.c}/Q_t$ [1]		2,0	1,5	2,0	1,5	1,5	1,25	1,0
Температура испарения, °С		+10	± 0	+10	±0	±0	–10	–45
Температура воздуха, °С		+20	±10	+20	±10	+10	±0	–35
Хладагент	Плотность теплового потока, Вт/м²	Коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К)						
R12	100	18	16,7	15	14,3	11,4	11,9	8,8
	200	29,4	26,1	23,8	21,7	16,1	16,8	12,2
	300	37	32,4	30	25,8	17,6	20,7	13,8
	400	41,2	35,1	31,7	26,6	17,9	20,6	14,5
R22	100	22,6	20,8	18,6	17,5	13,9	13,4	11,8
	200	36	32,3	28,7	26,2	19,9	19,3	14,1
	300	45,1	39,2	36,4	31,4	23,9	24,5	16,9
	400	51,6	44,2	40,7	34,4	25,4	25	18,3
R502	100	18,4	17,2	15,9	15,1	11,9	11,8	10,4
	200	30,3	27,4	25,4	22,7	17,5	17,6	12,8
	300	39	34,1	30,8	27,2	18,9	20,4	16
	400	44,9	37,4	34,7	28,7	19,7	21,3	17,5

[1] Отношение скрытой теплоты испарения конденсирующейся воды к полному теплосодержанию

Параметры сред 1 и 2 характеризуются следующими величинами (рис. 4.2.1):

t_1' — температура среды 1 на входе, °С;

t_1'' — температура среды 1 на выходе, °С;

IBIK

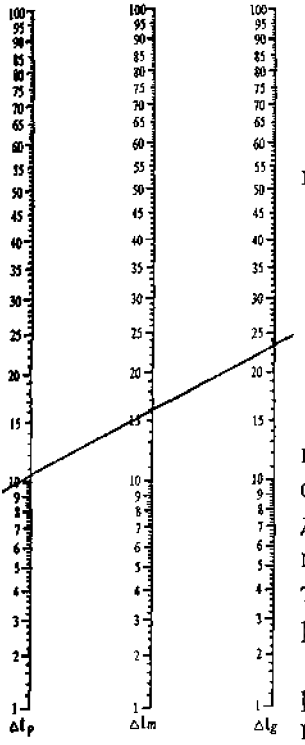


Рис. 4.2.2. Номограмма для определения средней логарифмической разности температур в теплообменниках с параллельными и противоположно направленными потоками [21]

$\Delta t_1 = t_1'' - t_1'$ — разность температур среды 1 на входе и выходе, °С;

t_2' — температура среды 2 на входе, °С;

t_2'' — температура среды 2 на выходе, °С;

$\Delta t_2 = t_2'' - t_2'$ — разность температур среды 2 на входе и выходе, °С;

Δt_q — наибольшая разность температур, К;

Δt_p — наименьшая разность температур, К.

Формулы для расчета средней логарифмической разности температур можно найти в [21], но они довольно громоздкие, а расчеты по ним трудоемкие. Для расчета теплообменников авторы многократно пользовались приведенными ниже таблицами, графиками и номограммами, которые дают хорошие результаты.

Среднюю логарифмическую разность температур для теплообменников с параллельными и противоположно направленными потоками можно определить по номограмме (рис. 4.2.2), а для перекрещивающихся потоков — по графику (рис. 4.2.5).

Коэффициенты, которые используются в расчетах, являются на самом деле средними значениями теоретических коэффициентов.

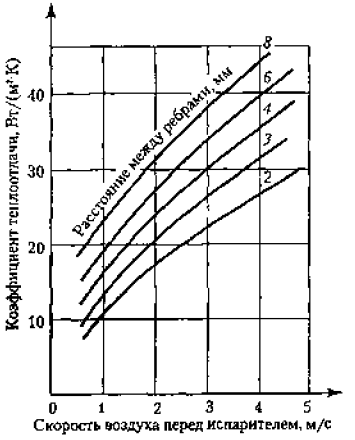


Рис. 4.2.3. Коэффициент теплоотдачи испарителей с оребренными трубками [21]



Рис. 4.2.4. Потери давления воздушного потока на одном ряду трубок испарителей с оребренными трубками [21]

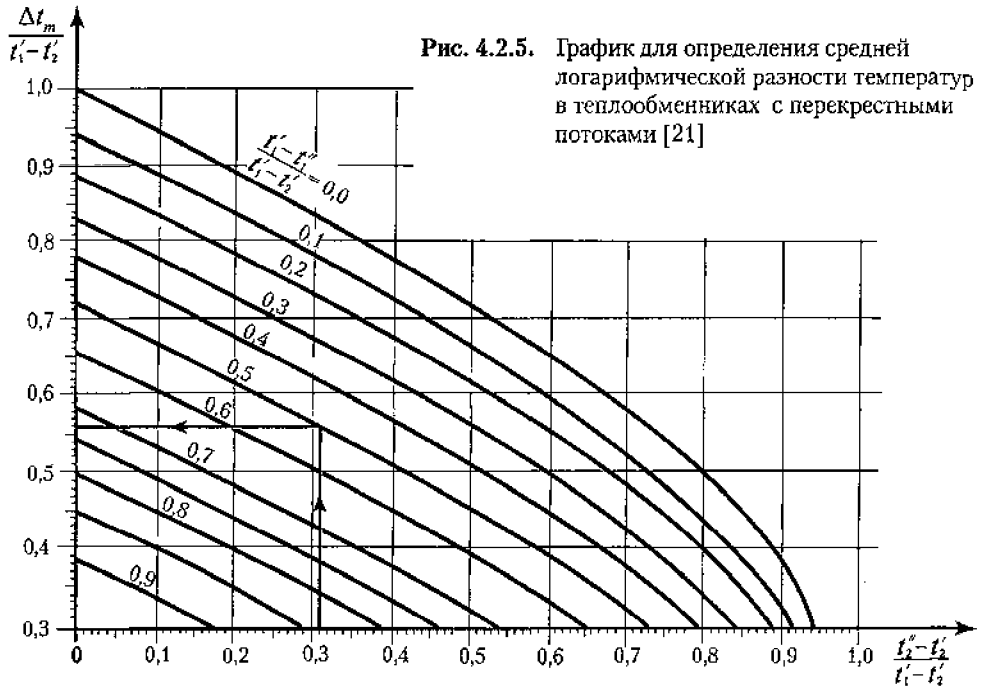


Рис. 4.2.5. График для определения средней логарифмической разности температур в теплообменниках с перекрестными потоками [21]

Для расчетов лучше запрашивать значение коэффициента K_m или пользоваться программами расчетов заводов-изготовителей. Для приближенных расчетов можно пользоваться данными, приведенными в табл. 4.2.1, или графиками (рис. 4.2.2, 4.2.3 и 4.2.5). Потери давления воздуха в теплообменниках можно определить по графику (рис. 4.2.4).

В перекрестных теплообменниках "хладагент–воздух" скорость воздушного потока должна быть 2–3 м/с. При более высоких скоростях возможен срыв капель жидкости конденсата с испарителя и попадание их в охлаждаемое помещение. На 1 кВт производительности испарителя необходим расход воздуха около 200 м^3/ч, конденсатора – 300–370 м^3/ч.

Потери давления воздушного потока в основном определяются расстоянием между ребрами и скоростью воздуха перед испарителем (рис. 4.2.4). Величина потерь давления должна компенсироваться напором вентилятора. Потери давления потока воздуха в испарителях составляют от 100 до 250 Па, в конденсаторах — от 150 до 350 Па.

4.2.3. РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА

Потери давления напора хладагента в испарителе не должны превышать 0,3–0,5 бара. Отсюда вытекает требование к длине трубы теплообменника. В испарителях большой мощности, требующих больших теплообменных поверхностей, а, следовательно, и больших длин труб, возникает проблема падения давления на

IBIK

теплообменнике. Увеличивать диаметр трубы нецелесообразно из-за увеличения габаритов и стоимости теплообменника. Поэтому испаритель делят на секции небольшой мощности и соединяют их параллельно. Чтобы не ставить в каждую секцию ТРВ, применяют соединение секций с помощью распределителя, который равномерно распределяет хладагент по секциям испарителя (рис. 4.2.6). Трубки, идущие от распределителя к секциям теплообменника, должны быть одинакового диаметра и длины, чтобы потери давления в каждой секции были одинаковые. Распределители изготавливаются двух типов: по принципу трубки Вентури (рис. 4.2.6, *а*) и диафрагменные (рис. 4.2.6, *б*).

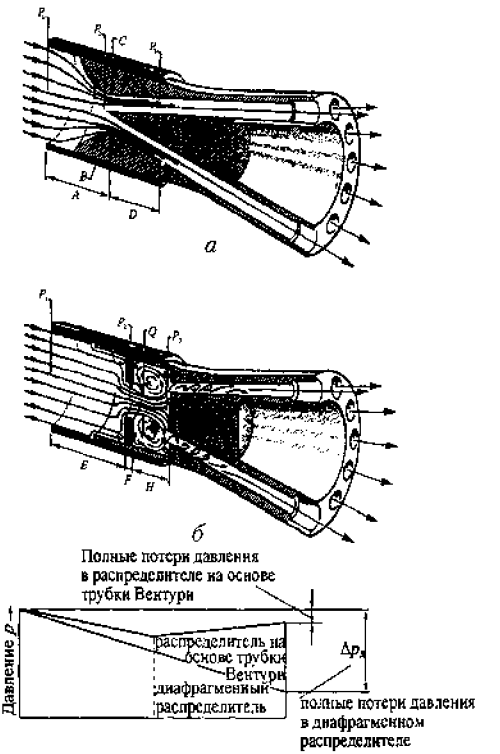


Рис. 4.2.6. Распределители жидкого хладагента типа Вентури (*а*) и диафрагменные (*б*) [21]

В распределителях Вентури проходное сечение трубки плавно сужается, а затем он плавно расширяется. В сужающейся трубке (зона *A*) поток хладагента становится однородным. После прохождения критического сечения (зона *B*) и максимального сужения потока (зона *C*) в расширяющейся части (зона *D*) определенная доля кинетической энергии потока преобразуется в давление, что восстанавливает потери давления в распределителе.

В диафрагменном распределителе (рис. 4.2.6, *б*) на пути потока (зона *E*) устанавливается диафрагма, которая создает сильную турбулизацию потока (зона *H*). Это приводит к большим потерям давления, чем в трубках Вентури.

Выбор жидкостного распределителя производится по следующим данным:

- марка хладагента;
- производительность испарителя;
- температура испарения;
- число секций испарителя.

Таблица 4.2.2. Потери давления в распределителях Вентури

Производительность в % от номинальной	25	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Потери давления, бар	0,30	0,33	0,42	0,52	0,62	0,72	0,82	0,92	1,04	1,15	1,28	1,42	1,58	1,75

IBIK

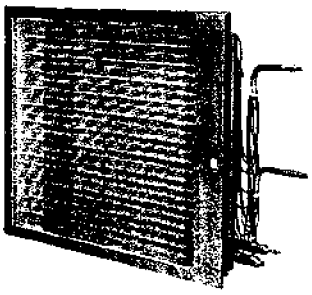


Рис. 4.2.7. Фреоновый теплообменник с распределителями

Исходя из числа секций и общей холодопроизводительности испарителя, определяют производительность одной трубки по формуле

$$Q_{\text{т}} = \frac{Q_{\text{исп}}}{n} K_1 \cdot K_2, \qquad (4.2.2)$$

где $Q_{\text{т}}$ – производительность одной трубки;

$Q_{\text{исп}}$ – производительность испарителя;

K_1 – поправочный коэффициент, зависящий от температур испарения и конденсации (табл. 4.2.4);

K_2 – поправочный коэффициент, зависящий от длинны трубки (табл. 4.2.5).

Диаметр трубок распределителя при определенной производительности, температуре испарения +4 °С, температуре конденсации +38 °С, переохлаждении 1 К и длине трубки 1 м можно выбрать в таблице 4.2.3.

Таблица 4.2.3. Выбор диаметра трубки распределителя

Диаметр трубки распределителя		Номинальная производительность, %	Номинальная производительность, кВт		
мм	дюймы		R12	R22	R502
4	5/32	150	1,31	2,31	1,20
		100	0,87	1,54	0,80
		25	0,22	0,39	0,20
5	3/16	150	2,63	4,58	2,40
		100	1,75	3,05	1,60
		25	0,44	0,76	0,40
6	1/4	150	5,25	9,15	4,80
		100	3,50	6,10	3,20
		25	0,88	1,53	0,80
8	5/16	150	10,50	18,30	9,45
		100	7,00	12,20	6,30
		25	1,75	3,05	1,58
10	3/8	150	18,30	32,10	16,50
		100	12,20	21,40	11,00
		25	3,05	5,35	2,75
12	1/2	150	25,80	45,75	23,55
		100	17,40	30,50	15,70
		25	4,30	7,63	3,93

Таблица 4.2.4. Поправочный коэффициент K_1

Температура жидкого хладагента, °С	Температура испарения, °С												
	+20	+15	+10	+5	±0	−5	−10	−15	−20	−25	−30	−35	−40
+60	1,07	1,24	1,45	1,70	2,02	2,43	2,92	3,45	4,05	4,86	5,87	6,80	8,09
+55	0,96	1,12	1,30	1,53	1,82	2,19	2,63	3,11	3,64	4,38	5,28	6,12	7,28
+50	0,86	0,99	1,16	1,36	1,62	1,94	2,34	2,76	3,24	3,89	4,69	5,44	6,47
+45	0,76	0,88	1,03	1,21	1,44	1,73	2,08	2,46	2,88	3,46	4,17	4,84	5,76
+40	0,67	0,77	0,90	1,06	1,26	1,52	1,82	2,15	2,52	3,03	3,66	4,24	5,05
+35	0,58	0,67	0,78	0,92	1,09	1,32	1,58	1,87	2,19	2,63	3,17	3,68	4,38
+30	0,50	0,58	0,68	0,80	0,95	1,14	1,38	1,62	1,90	2,29	2,76	3,20	3,81
+25	0,43	0,50	0,58	0,68	0,81	0,97	1,17	1,38	1,62	1,94	2,35	2,72	3,24
+20	0,38	0,44	0,51	0,60	0,71	0,86	1,03	1,22	1,43	1,72	2,07	2,40	2,86

IBIK

Таблица 4.2.5. Поправочный коэффициент K_2

Длина трубки распределителя, м	0,25	0,5	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
Значение поправочного коэффициента K_2	0,50	0,71	0,87	1,00	1,12	1,23	1,32	1,41	1,50	1,58

Таблица 4.2.6. Распределители жидкости фирмы ALCO

Число трубок распределителя	Наружный диаметр трубок распределителя							
	4 мм (5/32")		5 мм (3/16")		6 мм (1/4")		8 мм (5/16")	
	Марка	Соединение SAE	Марка	Соединение SAE	Марка	Соединение SAE	Марка	Соединение SAE
2	FM 12-4-2	½"	FM 12-5-2	½"	FM 12-6-2	½"	FM 12-8-2	½"
3	FM 12-4-3	½"	FM 12-5-3	½"	FM 12-6-3	½"	FM 12-8-3	½"
4	FM 12-4-4	½"	FM 12-5-4	½"	FM 12-6-4	½"	FM 12-8-4	½"
5	FM 12-4-5	½"	FM 12-5-5	½"	FM 12-6-5	½"		
6	FM 12-4-6	½"	FM 12-5-6	½"	FM 12-6-6	½"		
7	FM 12-4-7	½"	FM 12-5-7	½"				
8	FM 12-4-8	½"	FM 12-5-8	½"				
9	FM 12-4-9	½"						
10	FM 12-4-10	½"						

4.2.4. ПЛАСТИНЧАТЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

В чиллерах применяются пластинчатые теплообменники типа "хладагент–вода" или "вода–вода" (рис. 4.2.8). Внутри теплообменника создаются два независимых контура циркуляции хладагента и воды, движущихся в противоположных направлениях.

На рис. 4.2.9 приведена конструкция пластинчатого теплообменника, который имеет четыре типа пластин (A, B, C, D). Направление потока жидкостей показано стрелками.

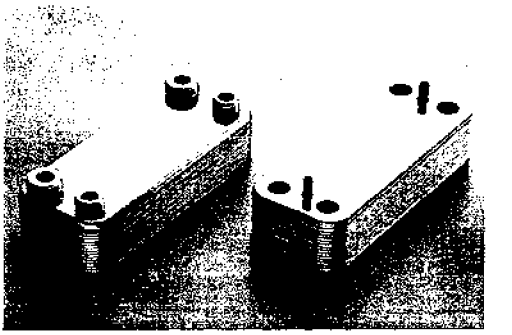


Рис. 4.2.8. Внешний аид пластинчатых теплообменников

Пластинчатые теплообменники имеют высокие теплотехнические характеристики, небольшие габаритные размеры, объем и массу. В пластинчатых теплообменниках перепад температур между средами небольшой, в связи с чем требуется меньше хладагента. Но из-за уменьшения количества хладагента в системе необходимо устанавливать аккумуляционный бак, чтобы исключить частые циклы включения/выключения компрессора.

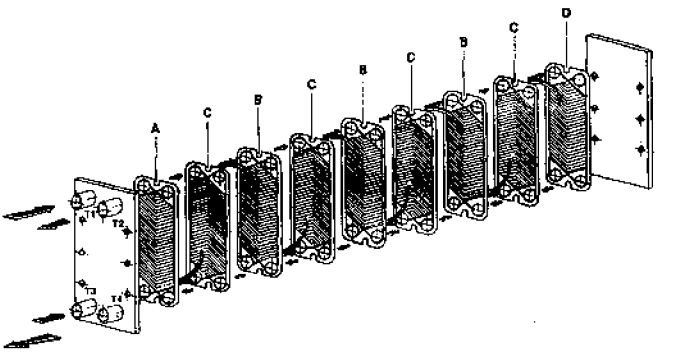


Рис. 4.2.9. Структура пластинчатого теплообменника

IBIK

4.2.5. РЕКУПЕРАТИВНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

В перекрестно-поточных (рекуперативных) теплообменниках, применяемых в центральных кондиционерах, удаляемый из помещения воздух и приточный воздух проходят через один теплообменник, не контактируя друг с другом (рис. 4.2.10).

Эффективность теплоутилизации в режиме нагрева определяется как часть тепловой энергии, отданной приточному наружному воздуху по сравнению с той, которая могла бы быть передана, если бы этот воздух был нагрет до энтальпии воздуха, удаляемого из помещения

$$Э_{Н} = \frac{i_{22} - i_{21}}{i_{11} - i_{21}} \cdot 100\,\% = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \cdot 100\,\%, \qquad (4.2.3)$$

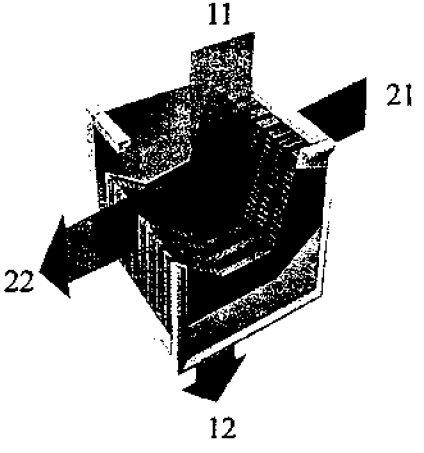


Рис. 4.2.10. Рекуперативный теплообменник "воздух–воздух"

где i_{21},(t_{21}) — энтальпия (температура) приточного воздуха перед теплообменником;

i_{22}, (t_{22}) — энтальпия (температура) приточного воздуха после теплообменника;

i_{11},(t_{11}) — энтальпия (температура) удаляемого воздуха перед теплообменником.

Эффективность теплоутилизации рекуперативных теплообменников достигает 70 %.

4.2.6. РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ

Вращающиеся (регенеративные) теплообменники — это устройства, в которых теплообмен происходит в результате аккумуляции тепла вращающимся барабаном (рис. 4.2.11).

Барабан представляет собой гофрированный стальной лист, свернутый так, чтобы были созданы горизонтальные каналы для протекания воздуха (рис. 4.2.12).

Барабан приводится во вращение электродвигателем через ременную передачу. Удаляемый воздух проходит через нижнюю часть барабана, нагревая его. Вращаясь, нагретые части барабана попадают на путь прохождения приточного воздуха и отдают ему тепло.

IBIK

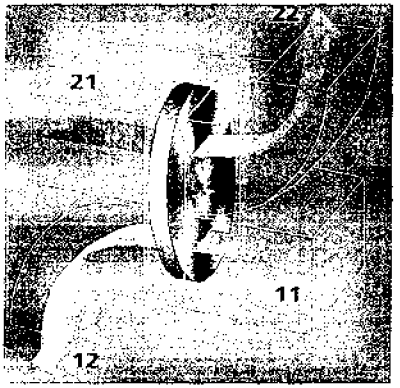


Рис. 4.2.11. Схема прохождения потоков воздуха во вращающемся регенеративном теплообменнике

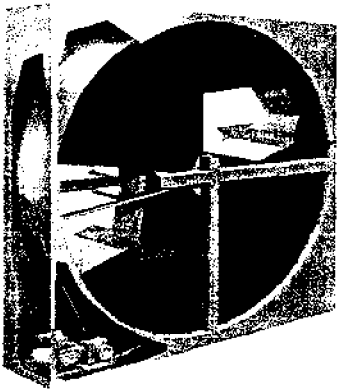


Рис. 4.2.12. Внешний вид вращающегося регенеративного теплообменника (вырезы условные)

Эффективность теплоутилизации вращающихся регенеративных теплообменников определяется по формулам –
в режиме нагрева:

$$Э_{н} = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \cdot 100\%; \qquad (4.2.4)$$

в режиме охлаждения:

$$Э_{о} = \frac{t_{21} - t_{22}}{t_{21} - t_{11}} \cdot 100\%; \qquad (4.2.5)$$

в режиме увлажнения:

$$Э_{ув} = \frac{d_{22} - d_{21}}{d_{11} - d_{21}} \cdot 100\%, \qquad (4.2.6)$$

где d — влагосодержание, г/м^3.

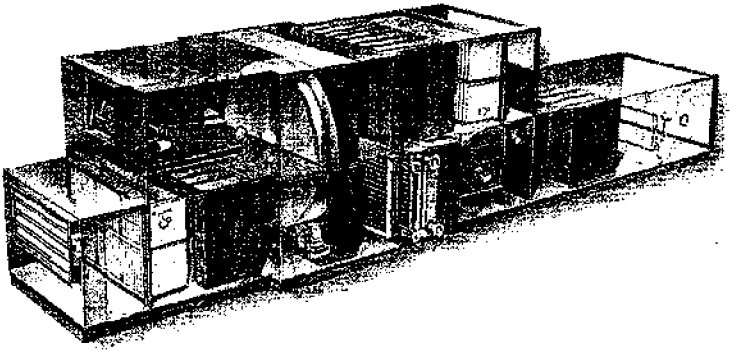


Рис. 4.2.13. Расположение вращающегося (регенеративного) теплообменника в системе центрального кондиционера

IBIK

Эффективность теплоутилизации регенеративных теплообменников может достигать 80 %. Регулировка эффективности теплообмена осуществляется изменением скорости вращения барабана (2–15 мин$^{-1}$).

Барабаны изготавливаются двух типов:

- негигроскопичные, позволяющие утилизировать только явную теплоту;
- гигроскопичные, когда поверхность ротора покрыта слоем, поглощающим влагу из воздуха. В этом случае утилизируется также скрытая теплота, а приточный воздух не только нагревается, но и увлажняется.

Основным недостатком вращающихся теплообменников является наличие взаимного перетекания воздушных потоков, что не позволяет их применять на объектах, где требуется полное разделение приточного и удаляемого воздуха.

В системах с промежуточным теплоносителем происходит полное разделение приточного и удаляемого воздуха. Эффективность теплоутилизации таких систем составляет 60 %.

4.3. РЕГУЛЯТОРЫ ПОДАЧИ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА

4.3.1. ИДЕАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПОДАЧИ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА

При осуществлении холодильного цикла необходимо иметь устройство, обеспечивающее преобразование хладагента из жидкой фазы с высоким давлением в газообразную фазу с низким давлением. Этот процесс можно реализовать адиабатическим расширением или адиабатическим дросселированием.

Адиабатическим дросселированием называется процесс необратимого перехода газа (жидкости) с высокого давления на низкое при прохождении его через суженное поперечное сечение без совершения внешней работы и без сообщения или отнятия теплоты. Процесс протекает быстро, вследствие чего теплообмен с окружающей средой практически не происходит и энтальпия вещества не изменяется. Полезная работа не совершается, так как работа проталкивания переходит в теплоту трения. При адиабатическом дросселировании реального газа, в отличие от идеального, вследствие изменения внутренней энергии производится работа против сил взаимодействия молекул. Это приводит к изменению температуры газа. Изменение температуры реального газа при дросселировании называется эффектом Джоуля-Томсона.

При адиабатическом расширении газа с отдачей полезной внешней работы получение низких температур возможно при любом состоянии

IBIK

газа. Понижение температуры в процессе адиабатического расширения при прочих равных условиях бывает больше, чем в процессе адиабатического дросселирования. Адиабатическое расширение газа в детандере (расширителе) используется для получения криогенных температур.

Для реализации идеального цикла Карно переход газа с высокого давления на низкое должно производиться с соблюдением следующих условий:

- в регулятор подачи жидкого хладагента должна поступать жидкость в состоянии насыщения (точка на линии насыщения);
- испарение в регуляторе должно происходить без потерь;
- в процессе испарения не должен происходить теплообмен с окружающей средой.

Учитывая, что объем хладагента в процессе расширения увеличивается примерно в 30 раз (для R22), выполнение указанных условий реально не представляется возможным. Поэтому применяются различные устройства, которые обеспечивают переход хладагента высокого давления (жидкого состояния) в низкое давление (газообразное), имея минимальные потери при преобразовании. Эти потери оцениваются коэффициентом обратимости (η_c), который зависит от удельной теплоты парообразования хладагента и положения левой пограничной кривой $T-S$ диаграммы: чем более пологая эта кривая, тем больше потери.

Для хладагента R22 коэффициент обратимости в зависимости от типа расширителя может быть $\eta_c = 0{,}7-0{,}8$.

4.3.2. КАПИЛЛЯРНЫЕ РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Капиллярные трубки, называемые также дроссельными устройствами, являются наиболее простым устройством для снижения давления и преобразования хладагента из жидкой фазы в газообразную. Используются они главным образом в холодильных машинах небольшой производительности (до 5–7 кВт) с герметичными компрессорами. Для дросселирования применяются медные трубки с внутренним диаметром 0,6–2,5 мм. Длина трубки зависит от холодопроизводительности машины и внутреннего диаметра трубки.

Основными преимуществами капиллярных расширительных устройств являются:

- простота и низкая стоимость;
- высокая надежность и долгий срок службы;
- отсутствие необходимости настройки;
- отсутствие механических узлов;

ІВІК

- облегченный запуск компрессора;
- небольшой пусковой ток компрессора.

Однако применение капиллярных трубок требует соблюдения далее перечисленных мер, обеспечивающих нормальную работу холодильной машины.

1. Необходимо устанавливать докипатель жидкого хладагента

Капиллярная трубка надежно работает при постоянных давлениях нагнетания и всасывания. Однако при изменении нагрузки на испаритель или при изменении давления нагнетания в испаритель может поступать избыточное количество хладагента, часть которого не испаряется. В этом случае жидкий хладагент может попасть в компрессор и повредить клапаны (гидравлический удар). Чтобы это исключить, на всасывающей стороне компрессора обязательно должен быть установлен докипатель жидкого хладагента.

2. Необходимо устанавливать фильтр-осушитель

Учитывая, что внутренний диаметр капиллярной трубки мал (0,6–2,5 мм), для предохранения ее от засорения и замерзания остатков влаги перед капиллярной трубкой необходимо устанавливать фильтр-осушитель.

3. В холодильном контуре нельзя устанавливать ресивер жидкого хладагента

В холодильной машине с капиллярной трубкой при остановке компрессора происходит выравнивание давлений между высоконапорной и низконапорной частями холодильного контура. С одной стороны, это было отмечено как положительное свойство. Но при остановке компрессора в соответствии с принципом "холодной стенки Ватта" весь хладагент будет собираться в самом холодном месте, т. е. в испарителе. Если в системе количество хладагента будет больше по объему, чем внутренний объем испарителя, то при очередном запуске компрессора произойдет гидроудар. Поэтому в системах с капиллярной трубкой нельзя устанавливать жидкостный ресивер.

4. Заправлять хладагент в холодильный контур можно только по массе

При недозаправке и снижении температуры окружающей среды заполнение испарителя будет недостаточным, вследствие чего снизится холодопроизводительность, увеличится перегрев хладагента во всасывающей магистрали, что приведет к ухудшению условий охлаждения двигателя и к перегреву компрессора.

Перезаправка холодильной машины хладагентом снижает перегрев и в испарителе сосредотачивается большое количество жидкого хладагента при остановке компрессора. При последующем запуске воз-

IBIK

можно попадание жидкого хладагента в компрессор, что приводит к гидроудару, губительному для клапанов.

Если заправка производится при низких или высоких температурах окружающей среды не по массе, а по давлению всасывания, то при изменении температуры окружающей среды возможен перегрев компрессора (недозаправка) или гидроудар (перезаправка). Поэтому холодильные машины с капиллярной трубкой должны заправляться только путем взвешивания хладагента. В случае снижения или повышения давления всасывания, возникновения подозрения на наличие утечек необходимо устранить причину, вызывающую изменение давления всасывания, и заправить систему хладагентом по массе.

5. Необходимо тщательно вакуумировать холодильный контур

Одной из причин снижения холодопроизводительности и давления всасывания может быть замерзание влаги в капиллярной трубке. Это явление происходит в результате некачественного вакуумирования холодильного контура. При остановке кондиционера влага в капиллярной трубке со временем оттаивает и производительность восстанавливается. В этом случае необходимо откачать хладагент, заменить в системе фильтр-осушитель, продуть агрегат сухим азотом, тщательно отвакуумировать и заправить вновь.

6. Замена капиллярной трубки

При неаккуратном монтаже фреоновой магистрали или несоблюдении правил замены сгоревшего компрессора возможно засорение капиллярной трубки. Признаками его служат: падение производительности, увеличение давления нагнетания, снижение давления всасывания, увеличение перегрева и повышение температуры компрессора. Такие же признаки могут быть и при нехватке хладагента. Но при этом в конденсаторе будет мало хладагента и произойдет большое переохлаждение.

Практически определить закупоривание капиллярной трубки можно по времени выравнивания давления после остановки компрессора. Если трубка не засорена, время выравнивания составляет 1–2 мин (но не более 3 мин). При закупоренной капиллярной трубке это время увеличивается. Прочистить капиллярную трубку можно, надавив сухим азотом тракт в направлении, обратном направлению движения хладагента, с одновременным разогревом трубки горячей водой (но не пламенем горелки!). Если это не привело к успеху, можно выпаять и прочистить трубку со стороны входа хладагента (наиболее вероятное место засорения) или даже отрезать с этого конца 1–1,5 см трубки и продавить масляным прессом.

Если же и это не помогает, то капиллярную трубку и фильтр-осушитель следует заменить.

IBIK

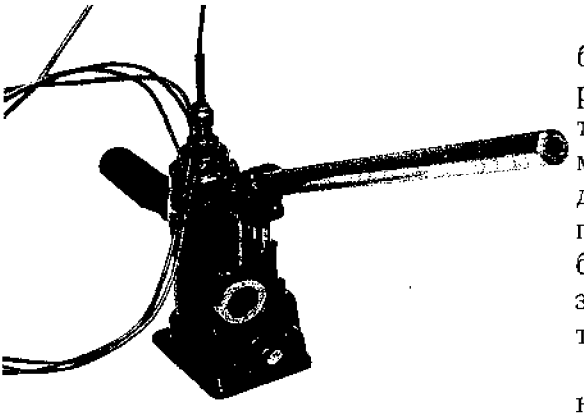


Рис. 4.3.1. Масляный пресс для прочистки капиллярной трубки

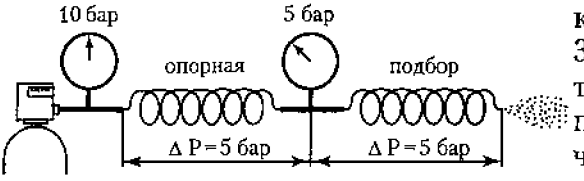


Рис. 4.3.2. Схема подбора капиллярной трубки

Капиллярная трубка подбирается по длине и внутреннему диаметру. Если трубки с необходимым диаметром нет, можно взять с другим диаметром, но ее производительность должна быть такой же, как и в заменяемой капиллярной трубке.

Подбор новой капиллярной трубки необходимо производить в следующем порядке.

1. Выпаять рабочую капиллярную трубку.
2. С каждого конца капиллярной трубки отрезать специальным инструментом или отпилить трехгранным надфилем (но не откусывать кусачками!) по 1–1,5 см.
3. Подпаять переходные трубки диаметром 4–6 мм и продуть сухим азотом. Прочистить капиллярную трубку можно ручным масляным компрессором, создающим давление 175 бар (рис. 4.3.1).
4. Отрезать новую капиллярную трубку с внутренним диаметром, близким к диаметру рабочей трубки. Собрать рабочее место по схеме рис. 4.3.2.
5. Уменьшая длину новой трубки, добиться, чтобы показания манометров P_1 и P_2 отличались в 2 раза (на рис. 4.3.2 — 10 и 5 бар).

Признаки длинной капиллярной трубки:

- перепад давлений больше обычного;
- перегрев испарителя увеличится;
- давление всасывания уменьшится;
- температура компрессора увеличится.

Признаки короткой капиллярной трубки:

- перегрев испарителя уменьшится (возможен гидроудар!);
- давление всасывания увеличится;
- температура компрессора понизится.

IBIK

4.3.3. ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЕ ВЕНТИЛИ

4.3.3.1. ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЙ ВЕНТИЛЬ С ВНУТРЕННИМ УРАВНИВАНИЕМ

Терморегулирующий вентиль (ТРВ) предназначен для регулировки количества хладагента, подаваемого в испаритель, в зависимости от температуры перегретого пара на выходе испарителя.

Задача ТРВ заключается в подаче в испаритель такого максимального количества хладагента, которое при данных условиях может полностью испариться. При этом на выходе испарителя пар должен иметь температуру на 4–7 К выше температуры испарения, соответствующей значению давления, которое показывает манометр всасывания.

Следует подчеркнуть, что ТРВ не поддерживает постоянное давление всасывания, а регулирует расход хладагента через испаритель, обеспечивает полное испарение хладагента и исключает причины, приводящие к гидроудару.

Преимущества холодильных машин с терморегулирующими вентилями:

- испаритель быстро и полностью заполняется хладагентом;
- при изменении условий работы из испарителя выходит только газ;
- в одной и той же установке можно предусмотреть несколько разных испарителей со своими ТРВ.

Терморегулирующий вентиль устанавливается между конденсатором или жидкостным ресивером и испарителем.

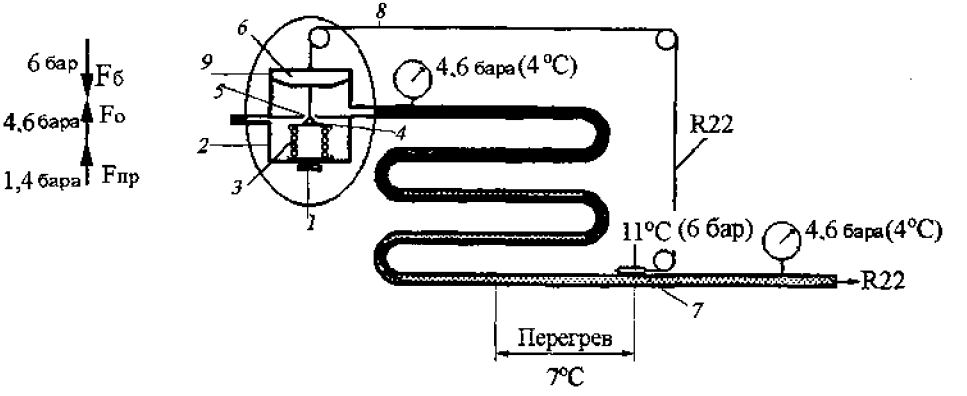


Рис. 4.3.3. Принцип работы ТРВ:
1 – винт; *2* – зона высокого давления; *3* – пружина; *4* – запорная игла; *5* – дроссельное отверстие; *6* – сильфон; *7* – термобаллон; *8* – капиллярная трубка; *9* – зона низкого давления

Внутренний объем ТРВ (рис. 4.3.3) состоит из 2 зон: со стороны входа — зона высокого давления (*2*), со стороны выхода — зона низкого давления (*9*). Эти зоны соединяются между собой дроссельным отверстием (*5*), величина открытия которого зависит от положения запорной иглы (*4*). В свою очередь положение запорной иглы устанавливается сильфоном (*6*), нижняя часть которого перемещается при изменении давления находящегося в нем фреона. Сильфон (*6*) соединен с термобаллоном (*7*) посредством капиллярной трубки (*8*).

Давление паров хладагента в испарителе F_0 и сила пружины (*3*) $F_{пр}$ действуют на сильфон (*6*) и стремятся закрыть дроссельное отверстие. Давление паров в термобаллоне (*7*) $F_б$, который закреплен на трубопроводе, выходящем из испарителя, стремится открыть дроссельное отверстие ТРВ.

Разность давлений, которая определяет перегрев между давлением в испарителе и давлением в термобаллоне (*7*), позволяющим открыть ТРВ, может быть приведена к желаемой величине поджатием пружины (*3*), путем вращения винта (*1*). ТРВ открывается, когда перегрев превышает заданный, и закрывается, когда перегрев уменьшается.

Если давление P_0 = 4,6 бара, а регулировочная пружина создает усилие в 1,4 бара, то эти два давления суммируются и создают давление закрытия, равное 6 бар. Следовательно, ТРВ не может открыться до тех пор, пока давление в термобаллоне не превысит 6 бар, то есть пока температура хладагента в термобаллоне не достигает 11 °С (если баллон заправлен хладагентом R22). Когда температура термобаллона превысит 11 °С, давление открытия станет больше 6 бар и ТРВ откроется. Если температура термобаллона опустится ниже 11 °С, давление в нем станет меньше 6 бар и ТРВ закроется.

Таким образом, настройка регулировочной пружины на давлении 1,4 бара позволяет поддерживать постоянно разницу в 7 °С между температурой испарения и температурой пара на выходе испарителя.

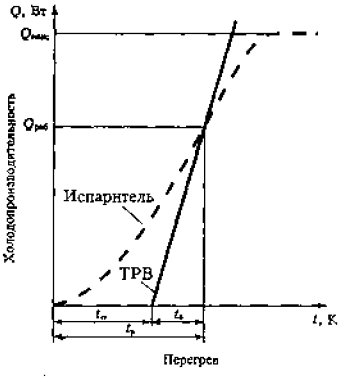


Рис. 4.3.4. Статическая характеристика ТРВ

Статическая характеристика ТРВ (рис. 4.3.4) представляет собой зависимость холодопроизводительности (пропускной способности ТРВ) от перегрева. ТРВ открывается, как только перегрев достигает статического перегрева $\Delta t_{ст}$. Заводы-производители устанавливают статический перегрев, как правило, в диапазоне от 3 до 5 К. Его можно изменить, вращая регулировочный винт, тем самым сжимая или отпуская пружину. Вращение винта сдвигает рабочую характеристику ТРВ влево или вправо. В результате можно

IBIK

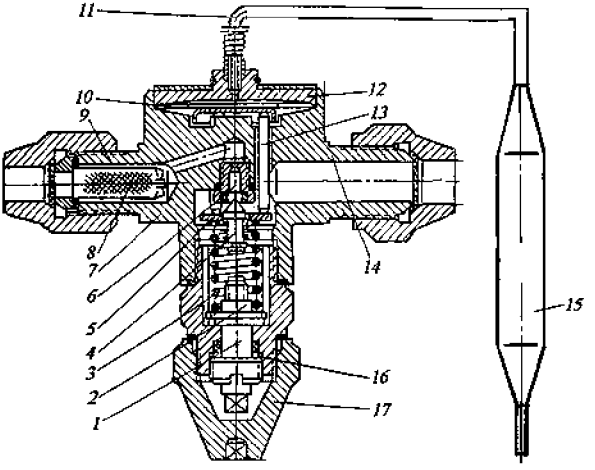


Рис. 4.3.5. Неразборный ТРВ с внутренним уравниванием:
1 – регулировочный винт;
2 – втулка-гайка; *3* – пружина;
4 – игла клапана;
5 – иглодержатель;
6 – седло клапана;
7 – корпус; *8* – фильтр;
9 – штуцер входа;
10 – мембрана;
11 – капиллярная трубка;
12 – головка вентиля;
13 – толкатель;
14 – штуцер выхода;
15 – термобаллон;
16 – сальник регулировочного винта;
17 – колпачок

совместить рабочую характеристику ТРВ с характеристикой испарителя так, чтобы эти характеристики пересекались в рабочей точке номинальной производительности.

Сумма статического перегрева $t_{ст}$ и перегрева открытого ТРВ t_0 составляет рабочий перегрев $t_р$. При выборе и настройке ТРВ необходимо, чтобы производительность его и испарителя совпадали, а перегрев был минимальным во всем диапазоне возможной производительности испарителя. Регулирование может быть устойчивым только в случае, когда точка пересечения рабочих характеристик испарителя и ТРВ совпадают.

Для того чтобы ТРВ работал нормально, на его вход необходимо подавать жидкий хладагент, не содержащий паров. Образование паровых пузырьков может быть вызвано недостатком хладагента в агрегате, слишком малым переохлаждением либо потерей давления на каком-либо участке жидкостной магистрали. В последнем случае в жидкостной магистрали хладагент начинает испаряться до входа в ТРВ (эффект "преждевременного дросселирования"), что вызовет снижение производительности.

На рис. 4.3.5 показан ТРВ с неразборным корпусом (*7*). Механизм настройки вентиля состоит из регулировочного винта (*1*), втулки-гайки (*2*), которая при вращении регулировочного винта перемещается вверх или вниз, сжимая или разжимая пружину (*3*).

На рис 4.3.7 показан разборной ТРВ фирмы Flico. Корпус состоит из двух частей: (*1*) и (*7*). Две части корпуса со вставным дроссельным узлом (*5*) соединяются винтами (*8*). Натяжение пружины (*4*) регулируется вращением винта (*2*), приводящим во вращение шестерни (*6*). Винт (*2*) после настройки закрывается колпачком (*3*).

На рис. 4.3.6 показан дроссельный узел аналогичного ТРВ фирмы Danfoss. Величина предварительного натяжения устанавливается путем вращения шестерни (*1*). Шестерня (*1*) соединена с винтом (*3*),

IBIK

Тип ТРВ	Значение величины Y				
	R12	R22	R134a	R404A	R502
TE5	28	26	27	27,5	26

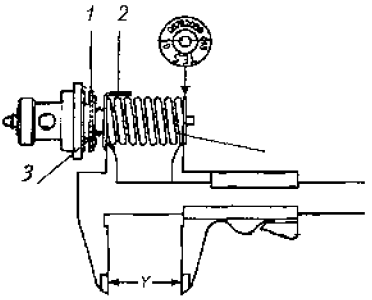


Рис. 4.3.6. Дроссельный узел ТРВ фирмы Danfoss (установка предварительного натяжения):
1 – шестерни; *2* – гайка; *3* – винт; *4* – пружина

при вращении которого гайка (*2*) перемещается, сжимая пружину (*4*). Перед сборкой пружину сжимают так, чтобы величина *Y* соответствовало типу хладагента в системе.

Как было показано выше, при выборе ТРВ необходимо, чтобы его производительность была равна производительности компрессора и испарителя. В некоторых случаях регулировкой это согласование не удается обеспечить и ТРВ приходится менять.

Чтобы увеличить диапазон настройки ТРВ по производительности, выпускаются ТРВ со сменным дроссельным узлом (дюзой). В дроссельных узлах разных номеров, имеющих одинаковые габаритные размеры, диаметры дросселирующих отверстий разные. При монтаже таких ТРВ расширять диапазон производительности можно путем замены дюзы.

Так, если при полном открытии дроссельного отверстия дюзы 01 (рис. 4.3.8, *а*) хладагент полностью испаряется в точке *1*, в точке *2* будет большой перегрев (более 7 К). Заменив дюзу 01 на дюзу 02 с большим отверстием, можно отрегулировать перегрев на 7 К.

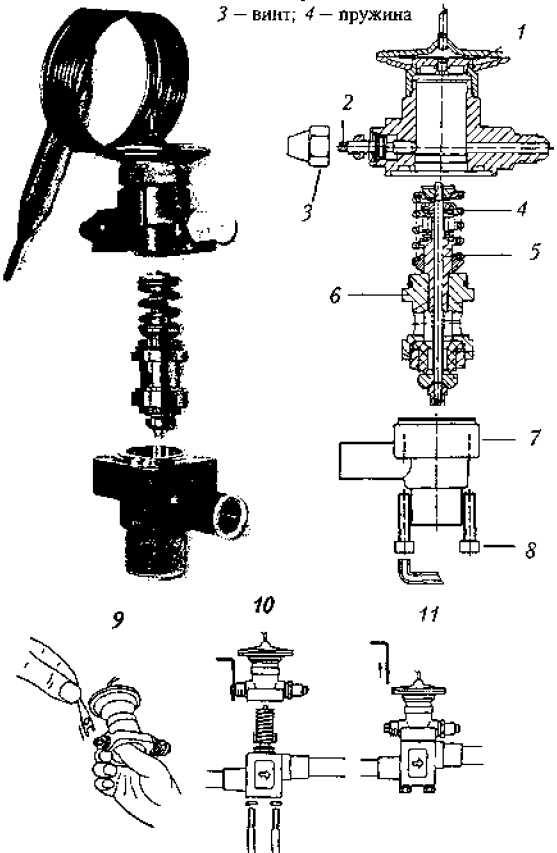
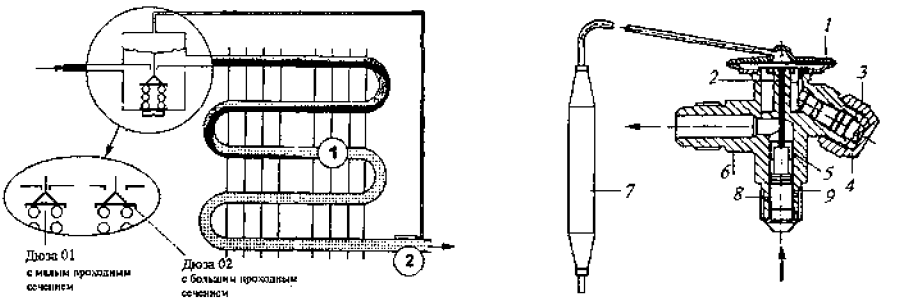


Рис. 4.3.7. Разборной ТРВ фирмы Flico:
1 – верхняя часть корпуса; *2* – регулировочный винт; *3* – колпачок; *4* – пружина; *5* – опорная шайба; *6* – втулка; *7* – нижняя часть корпуса; *8* – винты; *9* – установка предварительного натяжения; *10* – сборка ТРВ; *11* – ТРВ в сборе

IBIK



а *б*

Рис. 4.3.8. Изменение производительности ТРВ путем замены дроссельного узла:
а – схема замены дросельного узла; *б* – конструкция ТРВ со сменным дросельным узлом;
1– сильфонный узел; *2* – шток толкателя; *3* – колпачок; *4* – регулировочный винт; *5* – игла;
6 – корпус; *7* – термобаллон; *8* – сменный дроссельный узел; *9* – фильтр

Конструкция ТРВ со сменным дроссельным узлом показана на рис. 4.3.8, *б*.

Термобаллон ТРВ заправляется либо хладагентом (жидкая заправка), либо инертным газом (адсорбционная заправка).

4.3.3.2. ЗАПРАВКА ТЕРМОБАЛЛОНА ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЕНТИЛЯ

Жидкостная заправка

В случае жидкостной заправки термобаллон ТРВ заправляется тем хладагентом, которым заправляется и холодильный контур. Хладагент в термобаллоне находится в жидком состоянии.

Поэтому в процессе работы температура баллона должна быть ниже температуры корпуса ТРВ (рис. 4.3.9, *а*). В противном случае весь хладагент переместится в термосифон и ТРВ утратит способность управляться (4.3.9, *б*). При этом начнет падать давление в испарителе и возрастет перегрев. Снижение температуры испарения приводит к еще более интенсивному охлаждению корпуса ТРВ. Одновременно с этим рост перегрева вызовет еще более высокий нагрев термобаллона. Давление в управляющей полости термосифона будет определяться только температурой хладагента, какой бы ни была температура термобаллона. ТРВ не имеет требуемой производительности, то есть не пропускает необходимое количество хладагента. В этом случае говорят, что возникла неисправность типа "слабый ТРВ". Признаки неисправности появляются также в случае, если ТРВ неправильно подобран (с малой производительностью).

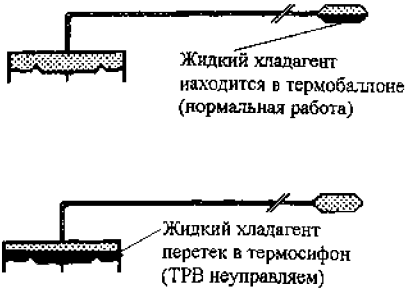


Рис. 4.3.9. Жидкостная заправка термобаллона ТРВ

IBIK

Для того чтобы выяснить причину неисправности типа "слабый ТРВ", необходимо устранить возможное перетекание хладагента в управляющую полость термобаллона. Для этого необходимо остановить компрессор, обмотать термосифон ТРВ ветошью и облить горячей водой.

Не допускается использование открытого пламени, так как можно повредить ТРВ.

Если хладагент находился в термосифоне, то при его прогреве хладагент переместится в термобаллон, и ТРВ снова будет работать нормально. Если этого не произойдет, то следует проверить, правильно ли установлен термобаллон, правильно ли подобран ТРВ и исправен ли он. Правила выполнения монтажа ТРВ изложены в разделе 12.

Адсорбционная заправка

При адсорбционной заправке термобаллон заправляется инертным газом, который при обычных условиях не конденсируется. В термобаллоне находится адсорбент, поглощающий газ в объемах, зависящих от температуры окружающей среды. Когда температура термобаллона растет (перегрев повышается), из адсорбента выделяется газ, что приводит к повышению давления в управляющей полости и к открытию ТРВ (рис. 4.3.10, *а*). При охлаждении термобаллона (перегрев снижается) адсорбент поглощает газ, что приводит к падению давления в управляющем тракте и закрытию ТРВ (рис. 4.3.10, *б*).

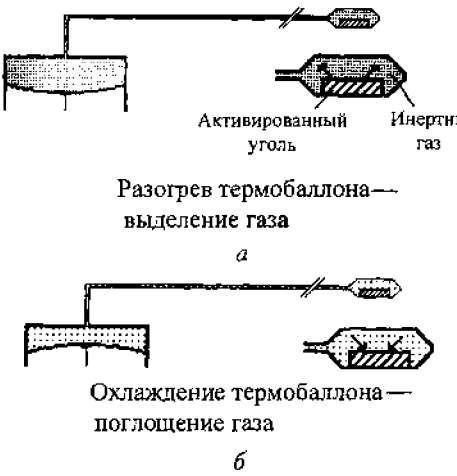


Рис. 4.3.10. Адсорбционная заправка термобаллона ТРВ

Преимуществом этого типа заправки является то, что тракт совсем не содержит жидкости и, следовательно, ТРВ будет работать нормально, какие бы температуры на его корпусе и термобаллоне ни были. Однако адсорбционные ТРВ более инерционны и реагируют на изменение температуры медленнее, чем жидкостные.

Поэтому для условий, когда теплопритоки в помещении стабильны, можно использовать адсорбционный ТРВ. Если теплопритоки быстро и часто меняются, необходимо применять ТРВ с жидкостной заправкой.

Заправка МОР

При пуске компрессора после длительной остановки или при переходе с режима обогрева на режим оттаивания температура испарителя гораздо выше температуры испарителя в установившемся режиме. Перегрев испарителя очень велик, ТРВ открыт полностью, количество

IBIK

испаряемого хладагента велико и происходит резкое увеличение количества хладагента, проходящего через конденсатор.

Повышается давление нагнетания, увеличивается нагрузка на двигатель компрессора и, следовательно, ток компрессора. То есть при пуске "горячего" испарителя возможно срабатывание защиты по давлению или по току компрессора. Как выйти из этой неприятной ситуации? Ответ простой: в момент пуска "горячего" испарителя необходимо ограничить величину открытия ТРВ. Это реализуется в ТРВ, получивших название ТРВ с заправкой МОР (Maximum Operating Pressure), которые позволяют ограничить максимальное рабочее давление и токи электродвигателя.

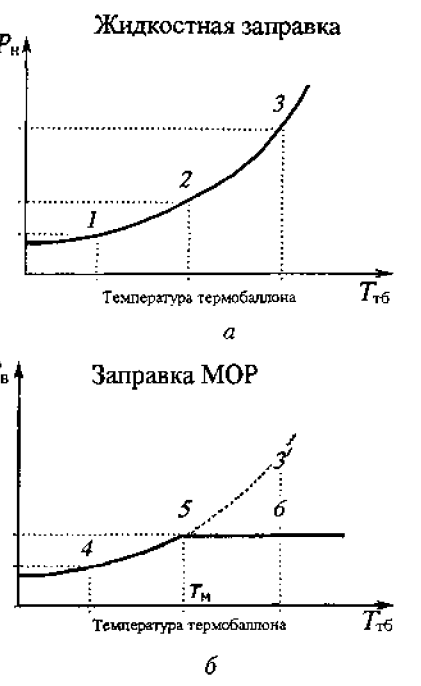


Рис. 4.3.11. Заправка термобаллона ограниченным количеством хладагента (МОР)

Управляющий тракт с заправкой МОР содержит ограниченное количество хладагента. При достижении определенной температуры термобаллона весь хладагент испарится (температура МОР) и при дальнейшем повышении температуры термобаллона увеличения давления в управляющем тракте проходного сечения ТРВ не будет.

На рис. 4.3.11, *а* показана зависимость давления нагнетания от температуры термобаллона. При жидкостной заправке давление нагнетания непрерывно растет (точки *1, 2, 3*). При заправке МОР (рис. 4.3.11, *б*) после точки *5* давление не повышается к точке *3*, а остается на прежнем уровне (точка *6*). Температура точки *5* называется температурой МОР.

В ТРВ с заправкой МОР исключается возможность превышения давления и тока компрессора в пусковых режимах, однако увеличивается время выхода холодильной машины на номинальный режим. Терморегулирующими вентилями с заправкой МОР комплектуются низкотемпературные холодильные установки.

4.3.3.3. ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЙ ВЕНТИЛЬ С ВНЕШНИМ УРАВНИВАНИЕМ

Испарители средней и большой мощности состоят из нескольких параллельно соединенных секций. Это связано с тем, что обеспечить равномерное испарение хладагента на большой длине трубы (более 5 м) не представляется возможным.

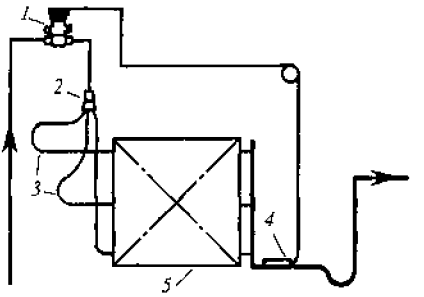


Рис. 4.3.12. Многосекционный испаритель с распределителем жидкости:
1 — терморегулирующий вентиль;
2 — распределитель хладагента;
3 — трубки распределителя;
4 — термобаллон

Кроме того, с возрастанием длины трубки испарителя возрастают потери.

Чтобы не ставить в каждой секции свои ТРВ, входы всех секций соединяют общим распределителем жидкости (*2*), а выходы объединяют в один коллектор (*4*) (рис. 4.3.12). Распределитель (*2*) должен быть выполнен таким образом, чтобы в каждую секцию испарителя (*5*) через трубки (*3*) попало одинаковое количество хладагента. Однако при этом из-за падения давления на распределителе (примерно 1,0 бар) изменяется величина перегрева (рис. 4.3.13).

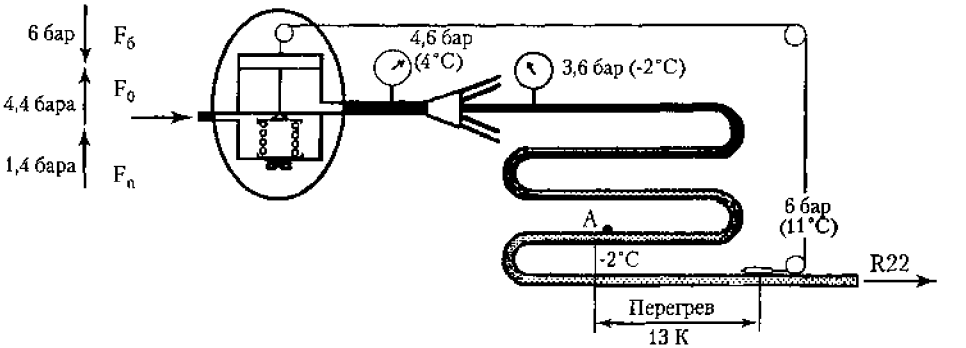


Рис. 4.3.13. Изменение перегрева при установке распределителя потока хладагента

Это связано с тем, что на выходе распределителя давление равно 3,6 бара (–2 °C). Чтобы обеспечить температуру термобаллона, равную 11°C, последняя капля жидкости должна испариться раньше, например, в точке *A*. В этом случае перегрев составит не 7 K, а 13 K, испаритель запитывается хуже, холодопроизводительность его уменьшается. Следовательно, потеря давления в тракте испарителя ведет к уменьшению производительности испарителя. Верхний предел потерь давления ΔP в испарителе для различных хладагентов, допускающих ТРВ с внутренним уравниванием, приведен в таблице 4.3.1.

Таблица 4.3.1. Верхний предел потерь давления ΔP в испарителе для различных хладагентов

Температура испарителя, °C	ΔP, бар		
	R12	R22	R502
+10	0,12	0,25	0,30
0	0,15	0,20	0,25
–10	0,10	0,15	0,20
–20	0,07	0,10	0,15

IBIK

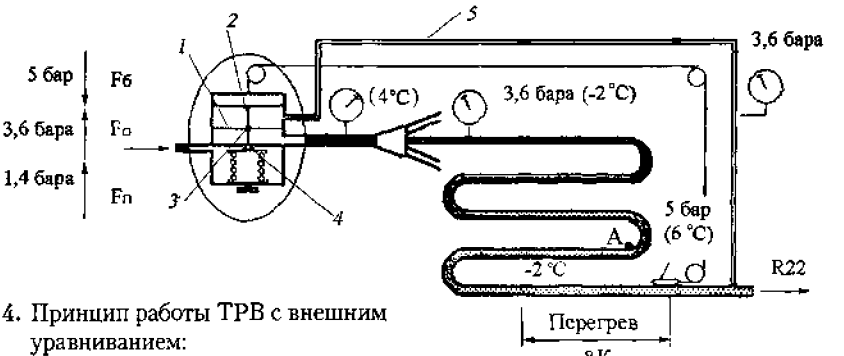


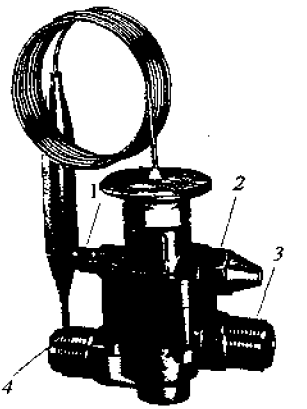
Рис. 4.3.14. Принцип работы ТРВ с внешним уравниванием:
1 – перегородка; *2* – шток; *3* – сальник; *4* – запорная игла; *5* – уравнивающая линия

В описанном выше случае, в принципе, можно произвести переналадку ТРВ и решить эту проблему. Однако может быть, что падение давления на испарителе меняется в процессе работы. Например, компрессор работает с переменной производительностью (несколько ступеней). Тогда при небольшом расходе хладагента перепад давления также будет небольшим, а при полной нагрузке падение давления на испарителе увеличится. Перестраивать ТРВ в процессе работы нельзя. Выход из этого положения был найден путем уравнивания давления на выходе и на входе испарителя с помощью отдельной внешней уравнивающей линии (рис. 4.3.14).

Для этого область низкого давления ТРВ разделяется на две части перегородкой (*1*), а шток (*2*), соединенный с запорной иглой (4), проходит через уплотнительный сальник (*3*). Внешняя уравнивающая линия (*5*) подсоединяется к выходу испарителя. ТРВ с внешним уравниванием и вальцовочным соединениемуравнивающей линии показан на рис. 4.3.15.

Внешний вид ТРВ с паяным соединением и его конструкция представлены на рис. 4.3.15 и 4.3.16 (TMVXBL, FLICA).

В ТРВ с внешним уравниванием сила закрытия F_0 не зависит от давления на выходе ТРВ (так как эта область отсечена перегородкой), а определяется давлением на выходе испарителя, то есть равна 3,6 бара (рис. 4.3.14). Так как пружина настроена на 1,4 бара, то равновесие системы наступит при давлении в термобаллоне 3,6 + 1,4 = 5,0 бар, что для R22 соответствует 6 °C.



TMXB

Рис. 4.3.15. ТРВ с внешним уравниванием (вальцовочное соединение):
1 – уравнивающая линия; *2* – регулировочный винт; *3* – газовая линия; *4* – жидкостная линия

IBIK

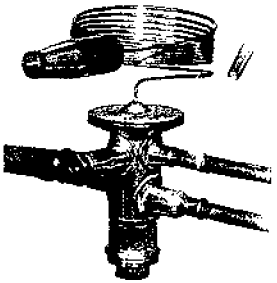


Рис. 4.3.16. Внешний вид ТРВ с внешним уравниванием (паяное соединение)

Таким образом, перегрев составит: 6 °С – (–2 °С) = 8 °С. Следовательно, ТРВ с внешним уравниванием позволяет обеспечить стабильный перегрев при переменных потерях давления в испарителе, когда расход хладагента в системе изменяется в широком диапазоне. Если потери давления равны 0, то на выходе испарителя устанавливается давление 4,6 бара, и ТРВ с внешним уравниванием работает как обычный ТРВ с внутренним уравниванием.

4.3.3.4. НАСТРОЙКА ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЕНТИЛЯ

ТРВ маркируются по конструкции и по холодопроизводительности. Производительность указывается при определенных внешних условиях.

Так, фирма Danfoss номинальную производительность указывает при следующих условиях:

- температура испарения t_0 = 5 °С;
- температура конденсации $t_к$ = 32 °С;
- температура хладагента перед дроссельным узлом t_i = 28 °С.

При других условиях необходимо вносить поправку на величину производительности.

Для регулировки ТРВ необходимо измерять давление на входе ТРВ (давление испарения) и температуру на выходе испарителя в месте установки термобаллона. Температура кипения хладагента определяется по давлению испарения. Температуру на выходе испарителя необходимо измерять точечным быстродействующим измерителем (например, Testo-400 с датчиком 0602. 0392 С). Датчик имеет быстродействие 0,3 с и точность измерения 0,1 °С.

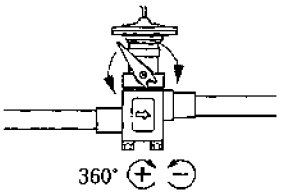


Рис. 4.3.17, *а*. Регулирование производительности ТРВ

Перегрев, который необходимо установить в диапазоне 5–7 К, измеряют как разность между температурой кипения хладагента и показанием термометра на выходе испарителя.

Если ТРВ был приобретен с заводской настройкой, то с этой установки и необходимо начинать наладку. Если регулировочный винт сдвинут от заводской установки, то необходимо определить весь диапазон вращения регулировочного винта и установить его посередине диапазона. Так, если весь диапазон составляет 26 оборотов, то установить его на 13-м обороте.

IBIK

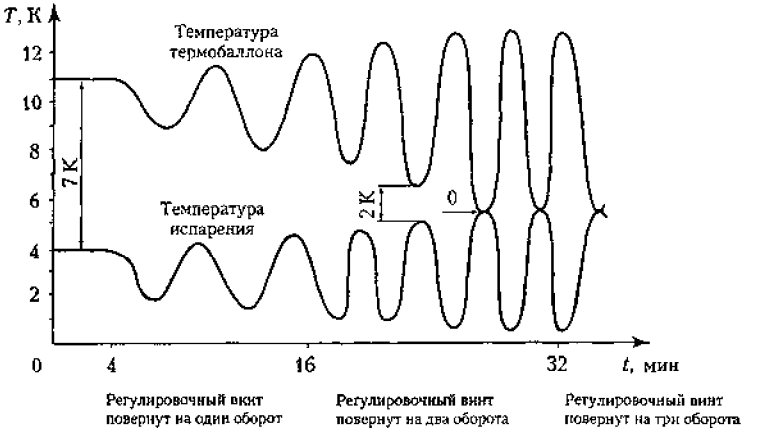


Рис. 4.3.17, *б*. Устранение пульсаций ТРВ при настройке

Включают холодильную машину и доводят температуру в помещении до установившегося значения (то есть до той температуры, которая была установлена на пульте управления). При другой температуре в помещении настройка изменится. После выхода на температурный режим в помещении измеряется перегрев испарителя. Если необходимо изменить перегрев, следует вращать винт, пользуясь рекомендациями паспорта на ТРВ.

На рисунке 4.3.17, *а* приведены рекомендации с паспорта ТРВ фирмы Danfoss, где показано, что при вращении регулировочного винта по часовой стрелке перегрев увеличивается, а против часовой — уменьшается на 0,5 °С или 1,0 °С. Нельзя вращать регулировочный винт более чем на 1 оборот. После каждого изменения настройки (поворота регулировочного винта) необходимо выждать 15–20 мин, после чего снимать показания термометра. Перегрев должен быть 5–7 К, но для того, чтобы вывести ТРВ на режим максимальной производительности, необходимо откручивать регулировочный винт (повышать производительность ТРВ) до тех пор, пока не начнут появляться пульсации температуры.

На рис. 4.3.17, *б* приведен пример изменения характера пульсаций при открытии (увеличении дроссельного отверстия) на один, два и три оборота. При открытии дроссельного отверстия на один оборот регулировочного винта температура перегрева колеблется от 4 до 7 °С. При вращении регулировочного винта на два оборота температура перегрева колеблется в пределах от 0 до 14 °С.

Пульсации ТРВ показывают, что его пропускная способность больше пропускной способности испарителя. Так как температура испарителя пульсирует, то пульсируют и другие параметры холодильной машины (давление нагнетания, ток компрессора, температура

IBIK

воздуха, проходящего через испаритель). При появлении пульсаций регулировочный винт следует закрывать, поворачивая на 1/4—1/2 оборота. После каждого изменения настройки следует выждать 15—20 минут. Закрывать ТРВ до исчезновения пульсаций плюс 1/2 оборота.

В таком случае ТРВ будет настроен на необходимый перегрев, а заполнение испарителя будет оптимальным.

При настройке может возникнуть ситуация, при которой возникшие пульсации прекратить будет невозможно, даже полностью закрыв регулировочный вентиль. Это означает, что производительность ТРВ больше производительности испарителя. Устранить недостаток можно путем замены дюзы или ТРВ. Если при вращении регулировочного винта пульсации не возникают, то это означает, что производительность ТРВ меньше производительности испарителя ("слабый ТРВ").

Устранение неисправности "слабый ТРВ"

1. Прежде всего необходимо убедиться, что ТРВ выбран правильно. Термобаллон ТРВ должен быть заполнен тем же хладагентом, который используется в холодильной машине. Тип хладагента указывается на корпусе термосифона, иногда в виде цветного кода (R12 — желтый, R22 — зеленый, R502 — фиолетовый). Если в холодильной машине заправлен переходной хладагент, то необходимо уточнить у поставщика хладагента, каким типом ТРВ необходимо комплектовать холодильную установку.
2. Убедиться, что установка заправлена достаточным количеством хладагента. Это определяется по отсутствию пузырьков газа в смотровом стекле жидкостной магистрали. При наличии пузырьков необходимо включить установку на 15–20 мин и добавлять хладагент, соблюдая правила, изложенные в разделе 12.
3. Проверить:
   3.1. Чистоту фильтров.
   3.3. Правильность выполнения монтажа ТРВ (раздел 12).
   3.2. Отсутствие повреждений терморегулирующего тракта ТРВ (термобаллон, капиллярная трубка).
   3.4. Величину давления конденсации. При низком давлении на входе ТРВ его производительность снизится.
4. При необходимости заменить дросселирующий узел (дюзу) или ТРВ.

4.3.3.5. ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИЕ ВЕНТИЛИ

В последнее время многие фирмы комплектуют холодильные машины электронными ТРВ (ЭТРВ), которые обладают следующими преимуществами:

1. Управление открытием дроссельного отверстия осуществляется электрическим сигналом, пропорциональным разности температур

IBIK

хладагента на выходе и входе испарителя. В связи с этим автоматически учитывается падение давления на испарителе.

2. Электронные ТРВ обладают большим быстродействием и точностью поддержания перегрева, что обеспечивает высокую точность поддержания температуры в помещении.
3. Электронные ТРВ не имеют статического перегрева, что позволяет системе работать при очень небольших перегревах и более эффективно использовать испаритель.
4. Электронные ТРВ не требуют наладки.

Электронные терморегулирующие вентили состоят из трех элементов:

- регулирующий клапан с электромеханическим приводом (сервоприводом);
- датчики температуры;
- электронный блок, преобразующий сигналы датчиков температуры в сигналы управления регулирующим клапаном.

Схема электронного терморегулирующего вентиля с сервоприводом приведена на рис. 4.3.18.

Жидкий хладагент поступает на вход ЭТРВ (вход *А*), проходит через дроссельное отверстие (*7*) и через выход *Б* подается в испаритель. Дроссельное отверстие (*7*) закрывается запорной иглой (*8*). Эти два элемента изготавливаются с высокой точностью. Передвижение запорной иглы осуществляется передаточным механизмом (*5*). Передаточный механизм передвигается через блок шестерен (*3*) шаговым двигателем (*1*), заключенным во влагонепроницаемый корпус (*2*). Герметичность дроссельного клапана и иглы обеспечивается сильфонным цилиндром (*6*).

Для перемещения запорной иглы во всем диапазоне регулирования ротор шагового двигателя совершает 500 оборотов. Ротор вращается при подаче на обмотки статора импульсного напряжения. Если напряжение подается последовательно на обмотки в порядке *1–2–3–4*, то ротор шагового двигателя будет вращаться по часовой стрелке (рис. 4.3.19), а запорная игла будет закрывать дроссельное отверстие. Если напряжение подается в последовательности *4–3–2–1*,

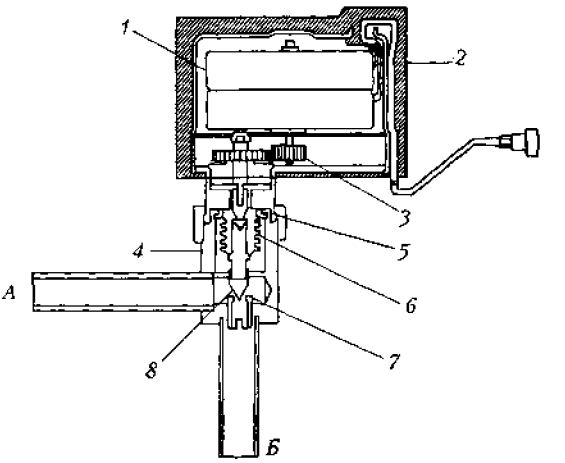


Рис. 4.3.18. Электронный терморегулирующий вентиль с электромеханическим приводом (сервоприводом):
1 – электродвигатель; *2* – корпус; *3* – шестеренчатая передача; *4* – корпус ТРВ; *5* – привод; *6* – сильфонный цилиндр; *7* – седло; *8* – игла

IBIK

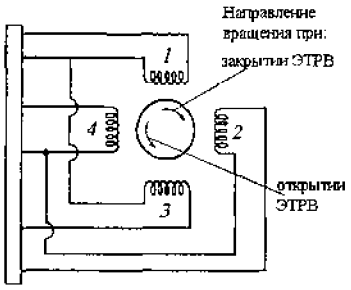


Рис. 4.3.19. Шаговый двигатель электронного ТРВ

то ротор будет вращаться против часовой стрелки, а дроссельное отверстие — закрываться. Полный ход иглы соответствует 2 000 импульсов.

При отключении терморегулятором холодильной машины электронный блок автоматически закрывает ТРВ.

Высокая точность изготовления дроссельного отверстия, иглы, передаточного механизма и большой диапазон управляющих сигналов (2 000 импульсов на ход запорной иглы) обеспечивают высокую точность регулировки ЭТРВ.

4.4. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

4.4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Электродвигатели в системах вентиляции и кондиционирования воздуха используются для вращения вентиляторов, компрессоров, терморегулирующих вентилей, воздушных заслонок, водяных вентилей и т. д.

Электродвигатели относятся к классу электрических машин, в которых происходит преобразование одного вида энергии в другой вследствие процесса электромагнитной индукции.

По назначению электрические машины разделяют на:

- ***генераторы***, преобразующие механическую энергию в электрическую;
- ***электродвигатели***, преобразующие электрическую энергию в механическую;
- ***специальные машины***, преобразующие один вид энергии в другой (трансформаторы, магнитные усилители и др.).

По устройству электрические машины принято разделять на коллекторные и бесколлекторные.

Коллекторные машины используются чаще всего для работы на постоянном токе, ***бесколлекторные машины*** работают на переменном токе.

Параметры, определяющие работу машины в условиях, для которых она предназначена, называются номинальными.

К номинальным параметрам электрических машин относятся напряжение, мощность, ток, частота, число фаз, скорость вращения, пусковой ток, коэффициент мощности, коэффициент полезного действия, пусковой и номинальный моменты. Основные номинальные величины указываются на заводском щитке.

IBIK

4.4.2. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Электрические машины имеют две основные части (рис. 4.4.1): статор (*1*) и вращающийся ротор (*2*), разделенные зазором (*5*). На статоре и роторе размещаются стальные сердечники, которые служат для проведения магнитного потока. Для уменьшения потерь на вихревые токи при переменном магнитном поле сердечники выполняются из изолированных друг от друга листов электротехнической стали толщиной 0,35–0,5 мм. На внутренней окружности листов имеются пазы, в которые укладываются обмотки.

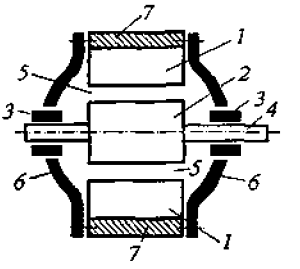


Рис. 4.4.1. Конструктивная схема электрической машины:
1 – статор; *2* – ротор; *3* – подшипники; *4* – вал; *5* – воздушный зазор; *6* – торцевые щиты; *7* – корпус

Сердечники ротора крепятся на валу (*4*). Вал вращается в подшипниках (*3*), встроенных в торцевые щиты (*6*). Обмотки и сердечники для охлаждения в большинстве случаев обдуваются воздухом. В герметичных компрессорах охлаждение осуществляется хладагентом.

На рис. 4.4.2 показан статор с 12 пазами, в каждый из которых условно уложено по одному проводнику. Части обмотки, уложенные в пазах (активная часть обмотки), показаны в виде стержней, а соединения между проводниками (лобовые соединения) условно показаны сплошной линией.

Обмотка ротора также укладывается в пазы. Выводы обмотки выводятся на коллекторные кольца. Такой ротор называется фазным. Фазный ротор имеет, как правило, трехфазную обмотку, выполняемую аналогично статорной.

Через щетки, укрепленные на неподвижной части машины и скользящие по контактным кольцам, к ротору подключается трехфазный пусковой или регулируемый реостат, т. е. в каждую фазу ротора вводится активное сопротивление. Двигатели с фазным ротором применяются там, где требуется плавное регулирование скорости приводимого в движение механизма, а также при частых пусках под нагрузкой.

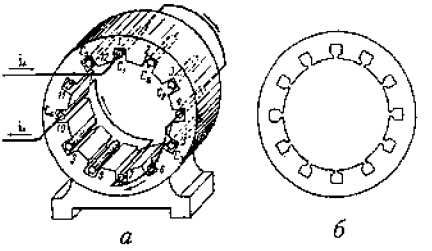
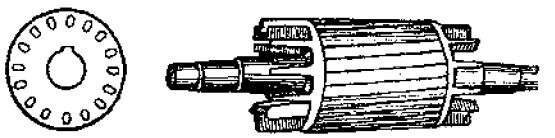


Рис. 4.4.2. Статор электрической машины:
а – статор в сборе; *б* – штампованный лист

Чаще применяется короткозамкнутый ротор (рис. 4.4.3).

Штампованные листы с отверстиями вблизи наружной окружности набираются на валу. В пазы листов заливают алюминий.



а *б*

Рис. 4.4.3. Короткозамкнутый ротор:
а – штампованный лист; *б* – ротор в сборе

После его застывания образуются продольные токопроводящие стержни. По обоим торцам ротора также отливаются алюминиевые кольца, замыкающие накоротко алюминиевые стержни. Полученные таким образом токопроводящие системы называются беличьей клеткой. На торцах ротора видны вентиляционные лопатки, отливаемые вместе с короткозамыкающими кольцами. Беличья клетка проста, не имеет скользящих контактов, поэтому электродвигатели с короткозамкнутым ротором наиболее дешевы, просты и надежны. В электродвигателе с короткозамкнутым ротором на обмотки статора подается напряжение, которое создает вращающееся электромагнитное поле, движущееся по окружности вдоль статорных пластин. В обмотке ротора при этом возникают токи, магнитное поле которых взаимодействует с полем статора. Ротор начинает следовать за вращающимся полем статора, но при этом несколько отстает от него. Ротор, вращаясь, "скользит" относительно поля статора.

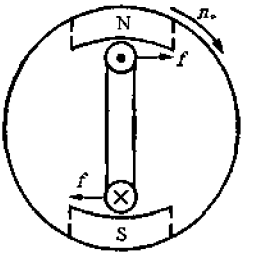


Рис. 4.4.4. Направление сил, действующих на проводники ротора

Образование вращающегося момента, возникающего в роторе, показано на рис. 4.4.4. Полюса магнитного поля статора, вращающиеся со скоростью n_0, показаны пунктиром, чтобы подчеркнуть, что статор не имеет конструктивно оформленных полюсов. Проводники ротора показаны кружками. Указанные направления ЭДС и токов в них могут быть определены по правилу правой руки. Направление силы f, действующей на проводники ротора в результате взаимодействия токов в проводниках ротора с магнитным полем статора, может быть найдено по правилу левой руки.

Для оценки скорости вращения ротора вводится понятие скольжения:

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0}, \qquad (4.4.1)$$

где n_0 — скорость вращения магнитного поля статора или синхронная скорость;

n — скорость вращения ротора.

IBIK

Синхронная скорость равна:

$$n_0 = \frac{60f}{p} \text{ мин}^{-1}, \qquad (4.4.2)$$

где f — частота переменного тока;

p — число пар полюсов.

Число пар полюсов может быть только целым, поэтому при частоте 50 Гц синхронная частота может быть 3000 мин$^{-1}$, 1500 мин$^{-1}$, 1000 мин$^{-1}$ и т. д.

Поскольку условием возникновения токов в роторе является неравенство скоростей $n \neq n_0$, ротор двигателя не может вращаться со скоростью, равной синхронной. Поэтому такой электродвигатель называется ***асинхронной электрической машиной***.

Скорость асинхронного двигателя находится в пределах $0 < n < n_0$, а скольжение — в пределах $0 < s < 1$.

Применяются трехфазные, двухфазные и однофазные асинхронные машины. В системах вентиляции наиболее широко применяются однофазные и трехфазные асинхронные машины.

4.4.3. СИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Синхронные электрические машины в основном используются в качестве генераторов трехфазного тока в дизель-генераторах, гидроэлектростанциях и др.

Достаточно широкое применение получили и синхронные электродвигатели, хотя они обычно сложнее и дороже асинхронных. Основная причина их использования — способность работать на реактивную нагрузку и повышать $\cos\varphi$ нагрузки. Синхронные электродвигатели применяются в приводах, не требующих регулирования частоты, частых пусков, реверсов.

Конструкция синхронных машин существенно зависит от назначения и способа возбуждения. На рис. 4.4.5 показано устройство дизель-генератора.

Статор по конструкции не отличается от статора асинхронной машины. Он имеет литой корпус (*1*), куда вставлен набранный из

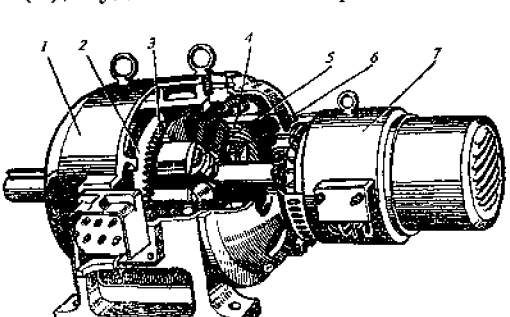


Рис. 4.4.5. Трехфазный синхронный генератор:
1 — корпус статора; *2* — сердечник статора; *3* — пазы сердечника статора; *4* — трехфазная обмотка статора; *5* — полюс ротора; *6* — обмотка возбуждения; *7* — возбудитель

тонких штампованных листов электротехнической стали сердечник (*2*), который имеет форму пустотелого цилиндра с расположенными по внутренней поверхности продольными пазами (*3*). В пазы уложена трехфазная обмотка (*4*) из изолированного медного провода. Статор является якорем машины, т. е. той ее частью, в которой наводится (индуктируется) ЭДС и по которой протекает основной ток машины (ток нагрузки).

Ротор синхронных машин является индуктором, т. е. той частью, которая создает (индуцирует) основное магнитное поле. В небольших машинах специального назначения для этой цели используют постоянные магниты, однако такой способ возбуждения имеет весьма ограниченное применение, так как делает затруднительной регулировку частоты вращения машины при ее работе.

Наиболее широко используется электромагнитный способ возбуждения, при котором ротор синхронной машины представляет собой электромагнит, имеющий стальной сердечник с выступами (полюсами) (*5*), на которые надеты катушки обмотки возбуждения, питаемые постоянным током от специальной машины — возбудителя (*7*).

Имеются также синхронные машины с самовозбуждением, в которых питание обмотки возбуждения осуществляется от основной обмотки статора, а для преобразования переменного тока в постоянный используются полупроводниковые выпрямители.

4.4.4. КОЛЛЕКТОРНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

Коллекторные машины используются как электродвигатели или генераторы постоянного тока. Электродвигатели постоянного тока применяют в тех случаях, когда необходимо получить плавное регулирование частоты вращения в широком диапазоне частот, а также большой пусковой вращающий момент. Коллекторные машины имеют достаточно сложные якорную и коллекторную обмотки и щеточный узел, что делает эти машины более дорогими и менее надежными, чем бесколлекторные машины.

Устройство коллекторной машины показано на рис. 4.4.6.

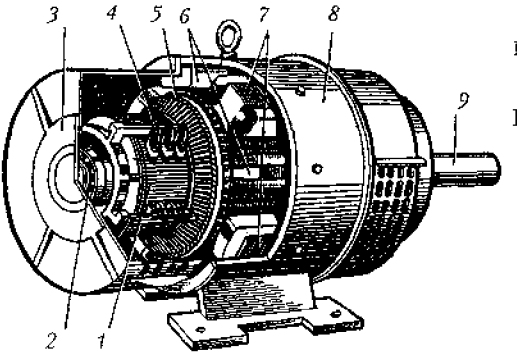


Рис. 4.4.6. Устройство машины постоянного тока:
1 — коллектор; *2* — подшипник; *3* — подшипниковый щит; *4* — щеткодержатель со щетками; *5* — якорь; *6* — добавочные полюсы; *7* — главные полюсы; *8* — станина; *9* — вал

IBIK

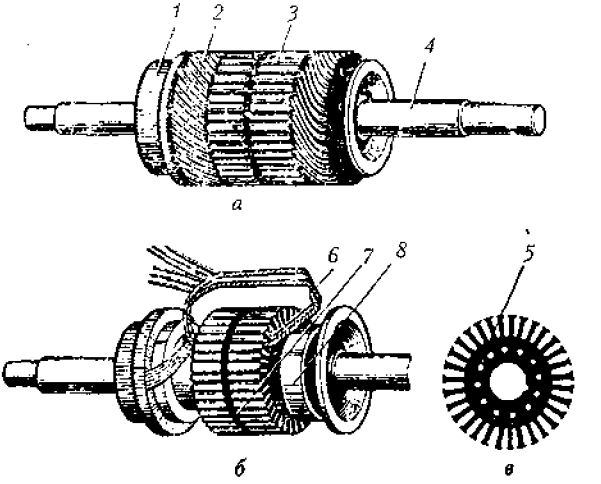


Рис. 4.4.7. Якорь (ротор) машины постоянного тока:
а – в сборе;
б – в процессе намотки;
в – штампованный лист якоря; *1* – коллектор;
2 – обмотка;
3 – сердечник; *4* – вал;
5 – вентиляционные отверстия;
6 – секции обмотки;
7 – место для бандажа;
8 – обмоткодержатель

Статор машины одновременно служит индуктором, т. е. создает основное магнитное поле, а также является частью магнитопровода. На внутренней поверхности станины (*8*) укреплены главные полюсы (*7*), создающие основное поле машины, а катушки этих полюсов образуют обмотку возбуждения. Между основными полюсами расположены добавочные (*6*) со своими катушками. Назначение дополнительных полюсов — уменьшение искрения под щетками. В торцевых частях станины закреплены подшипниковые щиты (*3*) с подшипниками (*2*), в которых вращается вал (*9*) ротора (*5*), служащего якорем машины. На подшипниковом щите, расположенном со стороны коллектора (*1*), укреплены щеткодержатели со щетками (*4*).

Ротор (якорь) машины (рис. 4.4.7) состоит из вала (*4*), сердечника (*3*), обмотки (*2*) и коллектора (*1*).

Обмотка якоря, расположенная в пазах сердечника, выполняется из изолированного медного провода и состоит из секций (*6*), укладываемых в предварительно изолированные пазы. Концы секций якорной обмотки присоединяют (припаивают) к коллекторным пластинам. Обмотку закрепляют в пазах текстолитовыми или гетинаксовыми клиньями. Иногда обмотку якоря укрепляют дополнительными бандажами.

Лобовые части обмоток якоря в большинстве случаев крепят к специальному обмоткодержателю (*8*) при помощи бандажей.

Коллектор машины (рис. 4.4.8) состоит из медных пластин (*1*), отделенных друг от друга изоляционными прокладками (*2*).

Материал пластин — холоднокатаная коллекторная медь, прокладок — миканит (пластинки слюды, склеенные смолой).

В коллекторе арочного типа медные коллекторные пластины (*1*) и прокладки (*2*) имеют форму ласточкина хвоста и скрепляются в единую конструкцию с помощью стальных конусных шайб (*5*),

IBIK

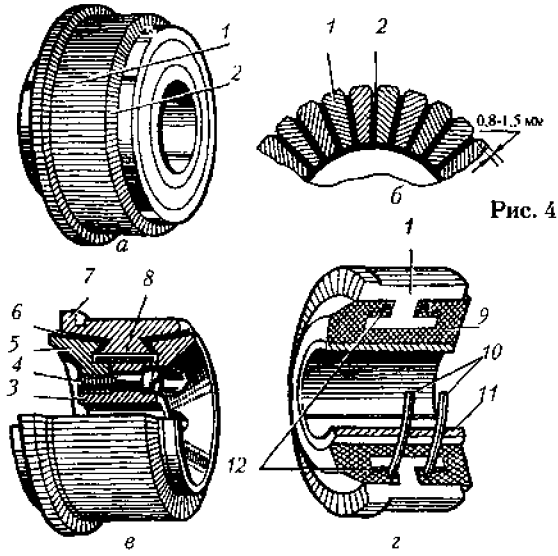


Рис. 4.4.8. Коллектор:
а — общий вид; *б* — коллекторные пластины; *в* — коллектор арочного типа; *г* — коллектор; *1* — коллекторная пластина (ламель); *2* — изоляционная прокладка; *3* — втулка; *4* — стяжной болт; *5* — конусная шайба; *6* — миканитовая манжета; *7* — "петушок" коллекторной пластины; *8* — "ласточкин хвост" коллекторной пластины; *9* — пластмасса; *10* — армировочные кольца; *11* — центральная втулка; *12* — хвостовик

стягиваемых болтами (*4*). Конусные шайбы изолированы от коллекторных пластин при помощи миканитовых манжет и миканитового цилиндра. В верхней части коллекторных пластин со стороны, обращенной к сердечнику якоря, имеются выступы, называемые "петушками" (*7*), к которым присоединяют концы секций якорной обмотки. В коллекторе на пластмассе набор медных коллекторых пластин (*1*) и миканитовых изоляционных прокладок (*2*) скрепляется пластмассой (*9*), запрессованной между ними и центральной стальной цилиндрической втулкой (*11*). Для увеличения механической прочности коллектора пластмассу армируют стальными кольцами (*10*), которые опираются на выступающие "хвостовики" миканитовых изоляционных прокладок (*12*), что исключает возможность замыкания армирующими кольцами коллекторных пластин.

Щеточное устройство (рис. 4.4.9) машины состоит из траверсы (*1*), пальцев (бракетов) (*2*) и щеткодержателей, куда вставляется контакт с пластинами коллектора. Траверса обычно крепится к подшипниковому щиту. Пальцы электрически изолируют от траверсы.

Количество пальцев обычно равно числу главных полюсов машины.

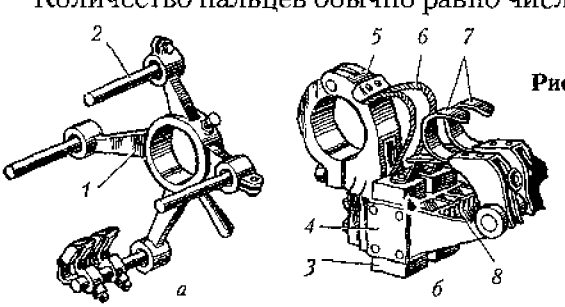


Рис. 4.4.9. Щеточное устройство коллекторной машины:
а — траверса с пальцами; *б* — сдвоенный щеткодержатель; *1* — траверса; *2* — палец; *3* — щетка; *4* — обойма; *5* — зажим; *6* — гибкий токопроводящий тросик щетки; *7* — курки; *8* — пружина

IBIK

На каждом пальце крепится комплект щеткодержателей. Показанный на рис. 4.4.9, *б* сдвоенный щеткодержатель состоит из обойм (*4*), куда помещают щетки (*3*) курков (*7*), передающих давление пружин (*8*) на щетки, и зажима (*5*) для крепления щеткодержателя на пальце. Щеткодержатели одной полярности (плюс или минус) соединяют между собой сборными шинами, подключенными к выводам машины.

Коробка выводов располагается, как правило, на станине, а выводы в ней маркируются следующим образом: Я1 и Я2— обмотка якоря, Д1 и Д2 — обмотка дополнительных полюсов, К1 и К2 — компенсационная обмотка, С1и С2 — сериесная обмотка возбуждения. Цифрой 1 обозначают начало обмотки, цифрой 2 — конец.

4.4.5. ОДНОФАЗНЫЕ АСИНХРОННЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ С ПУСКОВОЙ ОБМОТКОЙ

Однофазные асинхронные двигатели с пусковыми обмотками имеют статоры по конструкции такие же, как у трехфазных машин, но здесь в пазах сердечника размещены две однофазные обмотки, смещенные друг относительно друга на 90 электрических градусов. Одна из этих обмоток — рабочая — занимает 2/3 пазов статора. Она остается включенной на все время работы двигателя. Вторая обмотка — пусковая — включается только на время пуска и после разгона двигателя отключается. Пусковая обмотка занимает 1/3 пазов в статоре.

Для создания вращающегося магнитного поля при пуске двигателя должен быть обеспечен сдвиг между векторами токов в рабочей и пусковой обмотках. Это достигается включением последовательно с пусковой обмоткой сопротивления R или емкости C. При включении сопротивления сдвиг между токами в обмотках будет меньше 90°, поэтому вращающееся магнитное поле при пуске образуется не круговым, а эллиптическим, что ухудшает пусковые свойства двигателя. Пусковая обмотка однофазного асинхронного двигателя рассчитана на кратковременное включение (0,5–3 с), поэтому она выполняется из более тонкого провода и обладает большим сопротивлением.

Если последовательно с пусковой обмоткой двигателя включается конденсатор (пусковая емкость $C_п$), то сдвиг между токами обмоток будет близок к 90°, а магнитное поле — практически круговым.

4.4.6. КОНДЕНСАТОРНЫЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

В конденсаторных электродвигателях обе однофазные обмотки статора остаются включенными на все время работы машины. На рис. 4.4.10 показана схема включения однофазного конденсаторного двигателя с рабочей емкостью $C_р$, обеспечивающей

IBIK

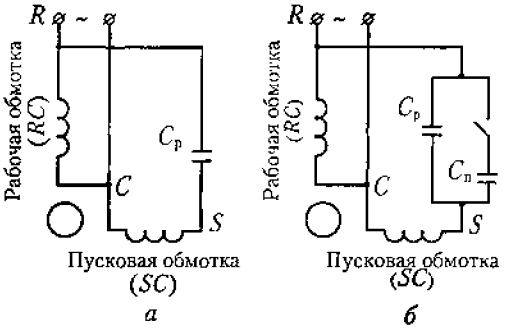


Рис. 4.4.10. Схема включения однофазных конденсаторных двигателей:
а – с рабочей емкостью $C_р$;
б – с рабочей емкостью $C_р$ и пусковой емкостью $C_п$

при номинальной нагрузке сдвиг между векторами токов в обмотках статора, близкий к 90°.

Создаваемое обмотками вращающееся магнитное поле будет при этом практически круговым, поэтому двигатель имеет довольно высокие энергетические характеристики: КПД – 60–70 % и – cos φ 0,8–0,95. Однако пусковой момент здесь невелик.

На импортных компрессорах выводы обмоток обычно обозначают следующим образом:

C – (Common) – обозначение общей точки соединения пусковой и рабочей обмоток двигателя; S – (Start) – второй вывод пусковой обмотки; R – (Run) – второй вывод рабочей обмотки. В компрессорах бытовых кондиционеров используются в основном однофазные конденсаторные двигатели с рабочей емкостью. Сопротивление рабочей обмотки (CR) двигателя компрессоров малой мощности (до 5 кВт) составляет 1–5 Ом. Сопротивление пусковой обмотки (CS) – 5–15 Ом.

При проверке электродвигателей и повторном монтаже недопустимо менять местами рабочую и пусковую обмотки, так как это приведет к выходу из строя (перегоранию) пусковой обмотки.

Сопротивление изоляции обмоток электродвигателя у нового двигателя должно быть не менее 10 мОм, у электродвигателя после годичной эксплуатации – не менее 1,0 мОм.

При сопротивлении изоляции обмоток электродвигателя менее 500 кОм эксплуатация его не допускается. Измерение изоляции производится мегомметром при подаче между обмоткой и корпусом электродвигателя постоянного напряжения 500 В.

Сопротивление обмоток однофазных электродвигателей составляет:

- вентиляторов, используемых во внутренних блоках бытовых кондиционеров – 250–300 Ом;
- вентиляторов наружных блоков – 50–150 Ом;
- привода жалюзи внутренних блоков – 250–300 Ом.

Для улучшения пусковых характеристик двигателя в момент пуска параллельно рабочему конденсатору включают пусковой конденсатор $C_п$, емкость которого примерно вдвое больше. После пуска конденсатор $C_п$ отключается. Электродвигатели, схема которых показана на рис. 4.4.10, *б*, имеют лучшие пусковые характеристики.

ІВІК

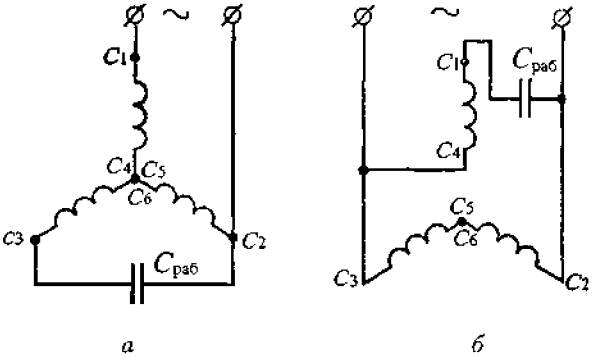


Рис. 4.4.11. Схема подключения к однофазной сети статорных обмоток трехфазных асинхронных двигателей: *а* – соединение в звезду с параллельно включенной емкостью; *б* – параллельное включение главной и вспомогательной обмоток

Такие двигатели могут включаться как в однофазную, так и в трехфазную сеть. Напряжение однофазной сети при этом должно соответствовать номинальному напряжению двигателя с обмотками, соединенными звездой, для случая включения его в трехфазную сеть.

4.4.7. МЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

При пуске асинхронного двигателя, т. е. при трогании с места и при разгоне, он находится в условиях, существенно отличающихся от условий нормальной работы. Момент, развиваемый двигателем, должен превышать момент статического сопротивления, иначе двигатель не сможет разогнаться. На рис. 4.4.12. представлен график, связывающий между собой две механические характеристики — вращающий момент (M), развиваемый асинхронным двигателем, и скорость вращения (n_0). Эта зависимость называется механической характеристикой асинхронного электродвигателя.

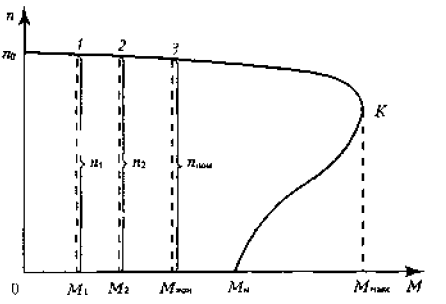


Рис. 4.4.12. Механическая характеристика двигателя

Для каждого асинхронного электродвигателя может быть определен номинальный режим, т. е. режим длительной работы, при котором двигатель не перегревается сверх установленной температуры.

Момент $M_{ном}$, соответствующий номинальному режиму, называется ***номинальным моментом***. Соответствующее ему номинальное скольжение для асинхронных двигателей средней мощности составляет 0,02–0,06, т. е. номинальная скорость $n_{ном}$ находится в пределах:

$$n_{ном} = n_0 (1 - s_{ном}) = (0{,}94 - 0{,}98)n_0 \qquad (4.4.3)$$

IBIK

Отношение $K_m = \frac{M_{макс}}{M_{ном}}$ максимального момента к номинальному называется ***перегрузочной способностью асинхронного двигателя***.

Отношение пускового момента $M_п$, развиваемого двигателем в неподвижном состоянии, к номинальному моменту называется кратностью пускового момента:

$$K_п = \frac{M_п}{M_{ном}}. \qquad (4.4.4)$$

Для двигателей с короткозамкнутым ротором $K_п$ = 1,1–1,8.

Максимальный момент пропорционален квадрату напряжения сети, т. е. асинхронные двигатели чувствительны к понижению напряжения сети. Так, при понижении напряжения сети на 10 % вращающийся момент уменьшится на 19 %.

Максимальный момент двигателя не изменяется при изменении активного сопротивления ротора, однако при этом изменяется критическое скольжение. Зависимость $M = f(s)$ при увеличенном активном сопротивлении ротора показана на рис. 4.4.13 пунктиром.

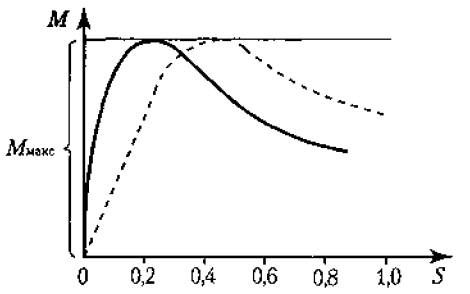


Рис. 4.4.13. Вращающийся момент двигателя в функции скольжения

Практически увеличение активного сопротивления осуществляется включением трехфазного реостата в цепь фазного ротора или увеличением сопротивления беличьей клетки ротора.

Определим область устойчивой работы асинхронного двигателя. Пусть двигатель работает в точке (*1*) механической характеристики (рис. 4.4.12), развивая скорость n и вращательный момент M_1. В установившемся режиме, т. е. при равномерном вращении, этот момент равен моменту M_1 статических сопротивлений нагрузки. Пусть теперь момент нагрузки увеличился до M'_2.

Это вызовет торможение машины, так как момент сопротивления станет больше движущегося момента. Скорость начинает уменьшаться, что влечет за собой увеличение момента, развиваемого двигателем. Этот процесс закончится, когда момент, развиваемый двигателем, станет равным $M_2 = M'_2$. При этом установится скорость $n_2 < n_1$. Свойство автоматического установления равновесия между моментом статистических сопротивлений и преодолевающим их моментом двигателя назы-

IBIK

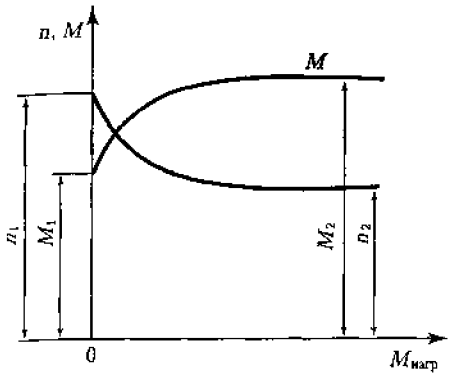


Рис. 4.4.14. Процесс изменения скорости и момента двигателя при увеличении момента нагрузки на валу

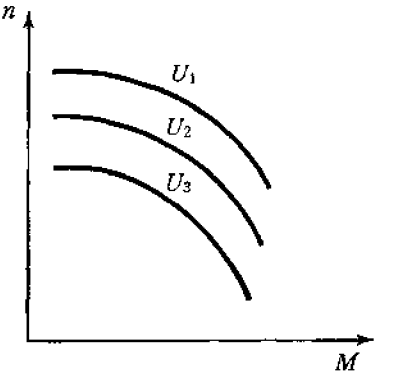


Рис. 4.4.15. Мягкая характеристика асинхронного двигателя ($U_1 > U_2 > U_3$)

вается ***саморегулированием.*** На рис. 4.4.14 показан характер изменения скорости и момента двигателя во времени при увеличении момента нагрузки. Длительность этого переходного процесса составляет 0,1–0,5 с.

Саморегулирование и устойчивая работа двигателя обеспечивается для всей верхней ветви механической характеристики, т. е. от момента $M = 0$ до момента, близкого к максимальному. Наклон этой части ветви характеристики незначительный, и скорость мало изменяется при изменении момента нагрузки. Такая механическая характеристика с малым наклоном называется жесткой.

Точка K механической характеристики (рис. 4.4.12) соответствует положению неустойчивого равновесия, так как при любом малом снижении скорости момент двигателя не растет, а падает, в результате чего двигатель останавливается. Вся нижняя часть механической характеристики, лежащая ниже точки K, является областью неустойчивой работы двигателя.

Максимальный момент $M_{макс}$ называется ***опрокидывающим моментом*** асинхронной машины. Работа машины на верхней устойчивой части механической характеристики с моментом, превышающим номинальный, возможна лишь кратковременно, в противном случае срок службы электродвигателя сокращается из-за перегрева.

Характеристика электродвигателя, показанная на рис. 4.4.15, называется мягкой характеристикой, свойственной ротору с большим сопротивлением.

При изменении напряжения питания кривая будет снижаться.

Двигатели с такой характеристикой позволяют регулировать скорость вращения путем изменения напряжения питания.

IBIK

4.4.8. РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

1. Регулирование скорости вращения изменением числа полюсов

Скорость вращения асинхронных двигателей можно регулировать изменением скорости вращения поля статора, что осуществляется изменением числа полюсов.

Асинхронный двигатель, допускающий ступенчатое изменение скорости вращения переключением обмоток на различное число полюсов, называется ***многоскоростным***.

Чтобы обеспечить возможность изменения числа полюсов в соотношении 1 : 2, каждую фазу обмотки выполняют из двух частей, имеющих одинаковое число катушечных групп. Использование обмоток с переключателем полюсов требует сложной коммутационной аппаратуры. При переключении необходимо сохранять направление вращения двигателя. В некоторых случаях выполняются отдельные обмотки для разных скоростей вращения.

На рис. 4.4.16 показана схема переключателя числа полюсов многоскоростного двигателя при постоянном моменте, а на рис. 4.4.17 — при постоянной мощности.

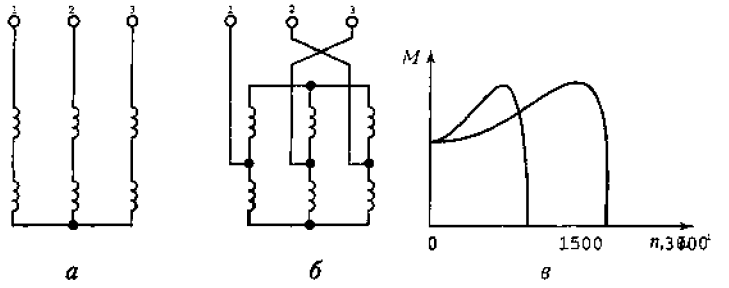


Рис. 4.4.16. Переключение числа полюсов многоскоростного двигателя при постоянном моменте:
а — схема соединения обмотки при $p = 2$;
б — соединение обмотки при $p = 1$; *в* — механические характеристики

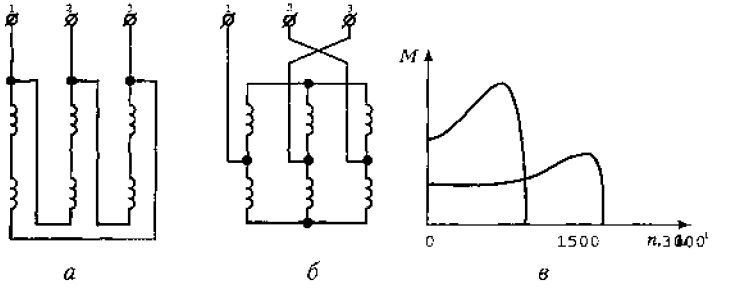


Рис. 4.4.17. Переключение числа полюсов многоскоростного двигателя при постоянной мощности:
а — схема соединения обмотки при $p = 2$; *б* — соединение обмотки при $p = 1$; *в* — механические характеристики

ІВІК

Многоскоростные двигатели выпускаются на 2, 3 и 4 скорости вращения.

Недостатком многоскоростных двигателей является ступенчатое изменение скорости вращения и уменьшение мощности при тех же габаритах, а также повышенная стоимость и необходимость применения сложной коммутационной аппаратуры.

2. Регулировка скорости вращения путем введения активного сопротивления в цепь ротора

При введении в цепь ротора сопротивления ток и момент двигателя уменьшаются, в результате чего двигатель начинает тормозиться. Увеличение скольжения вызывает увеличение ЭДС ротора и его тока до тех пор, пока не будет достигнуто прежнее значение момента при пониженной скорости. Этим способом можно осуществить плавную регулировку скорости вращения нагруженного двигателя до 70 % от синхронной.

Существенным недостатком этого способа регулирования является его неэкономичность, так как возникают потери на введенном сопротивлении. К недостаткам можно отнести также зависимость диапазона регулирования от величины нагрузки, в частности, при холостом ходе регулирование скорости практически невозможно.

3. Регулировка скорости вращения изменением напряжения питающей сети

Такая регулировка применима для двигателей с мягкой механической характеристикой. Понижением напряжения питания можно менять вид характеристики момента. При этом максимальный момент уменьшается пропорционально квадрату напряжения, а, следовательно, изменяется и скорость вращения.

Так, в двигателях вентиляторов Systemair путем изменения напряжения сети от 80 до 230 В (однофазные двигатели) и от 90 до 400 В (трехфазные двигатели) удается изменять скорость вращения от 500 до 1500 мин$^{-1}$ (см. раздел 10).

4. Регулировка скорости вращения двигателя изменением частоты питающей сети

Скорость вращения двигателя определяется частотой сети f и числом пар полюсов p:

$$n = \frac{60f}{p}. \qquad (4.4.5)$$

При f = 50 Гц и p = 1 двигатель имеет n = 3 000 мин$^{-1}$.

При изменении частоты питающей сети меняются индуктивные сопротивления обмоток, а, следовательно, и момент. Для сохранения момента при изменении частоты необходимо изменять напряжение питания двигателя. Регулирование нужно вести таким образом, чтобы магнитный поток двигателя оставался неизменным, а напряжение

IBIK

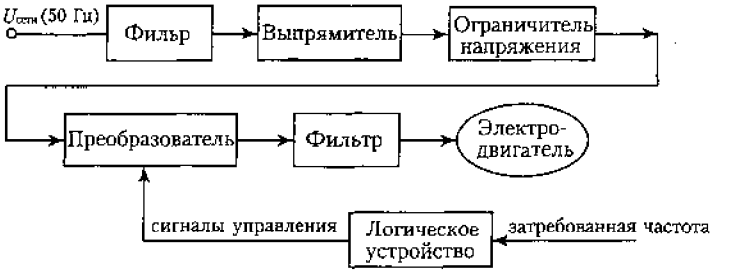


Рис. 4.4.18. Блок-схема электронного инвертора

изменялось пропорционально частоте. При таком способе регулирования рабочие характеристики двигателя меняются незначительно.

Недостатком этого способа является необходимость иметь генератор напряжения с регулированием частоты и напряжения.

В последнее время широкое применение находят электронные преобразователи (инверторы), позволяющие преобразовывать напряжение постоянной частоты и амплитуды в напряжение, требуемое для частотной регулировки скорости двигателя.

Принцип работы преобразователя заключается в следующем. Стандартное напряжение частотой 50 Гц после помехоподавляющего фильтра (рис. 4.4.18) выпрямляется и ограничивается до определенной величины. На выходе ограничителя стабильно поддерживается напряжение $\pm U$. Далее это напряжение подается на преобразователь, где оно преобразуется в импульсное напряжение с переменной амплитудой и скважностью.

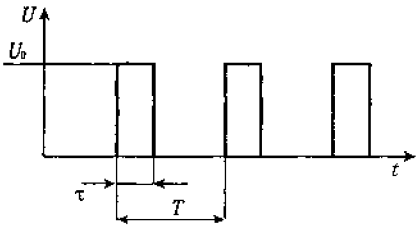


Рис. 4.4.19. Импульсные сигналы

Под скважностью импульсного сигнала понимается отношение периода повторения сигнала T к его длительности τ (рис. 4.4.19). Периодическую последовательность импульсов длительностью τ и периодом T можно представить (заменить) суммой гармонических колебаний (ряд Фурье):

$$U(t) = \frac{4}{\pi}U_0(\sin\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t + \frac{1}{5}\sin 5\omega t + ...), \qquad (4.4.6)$$

где $\omega = 2\pi f$.

Если такие импульсы тока пропустить через низкочастотный фильтр, то можно отделить только первую гармонику

$$U_1 = \frac{4}{\pi}U_0 \sin\omega t. \qquad (4.4.7)$$

IBIK

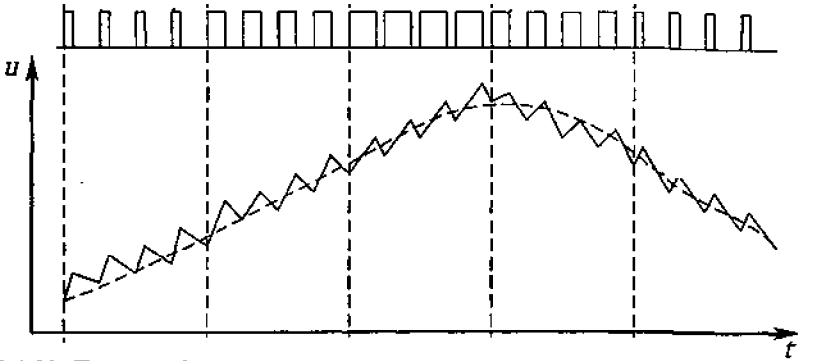


Рис. 4.4.20. Принцип формирования синусоидального напряжения путем изменения скважности и длительности последовательности импульсных сигналов

Величина ω зависит от скважности импульсных сигналов, поэтому, меняя скважность, можно получить необходимое значение ω (подробнее см. раздел 11).

При изменении длительности импульсов тока будет изменяться и величина мгновенного значения (амплитуды) напряжения на выходе фильтра. Такое изменение называется ***широтно-импульсной модуляцией***. Следует заметить, что электродвигатель является составной частью фильтра и служит как индуктивность.

На рис. 4.4.20 показано, как путем изменения скважности и длительности импульсной последовательности можно получить синусоидальное напряжение определенной частоты. Если постоянное напряжение разделить на 3 канала и для каждого канала генерировать свою широтно-импульсную модуляцию, то на выходе каналов можно получить напряжения одинаковой частоты, но сдвинутые по фазе на 120°, т. е. трехфазное напряжение с регулируемой частотой. На рис. 4.4.21 показан

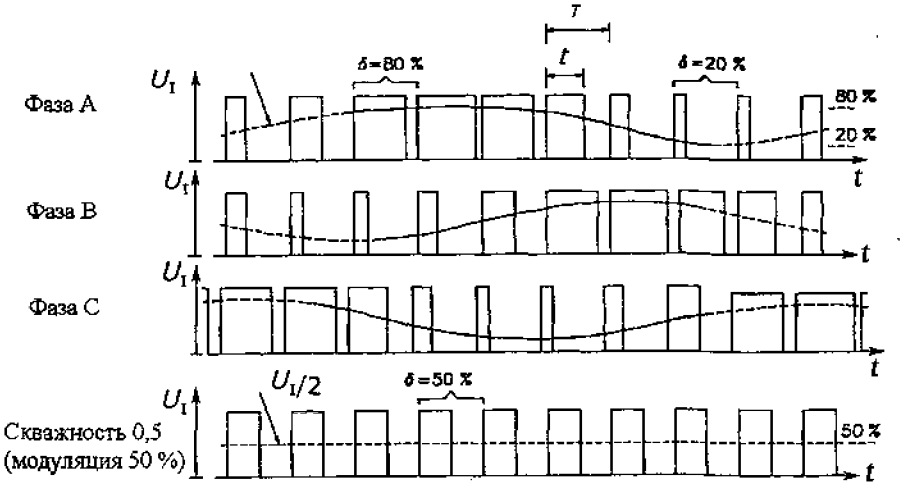


Рис. 4.4.21. Метод получения трехфазного напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции

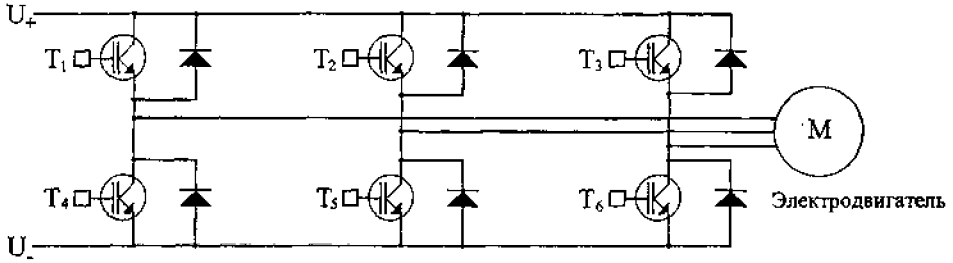


Рис. 4.4.22. Выходной каскад инверторного преобразователя

метод получения трехфазного напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции сигналами U_1, U_2 и U_3, сдвинутыми на 120°. Напряжение каждой фазы симметрично относительно $\frac{U_0}{2}$.

Принцип работы инверторного преобразователя проиллюстрирован на рис. 4:4.22.

Электрический двигатель (в данном случае трехфазный) подключен к трем ветвям инверторного моста. Питание моста осуществляется постоянным напряжением. Подавая на входы МОП-транзисторов (T_1–T_6) импульсные сигналы различной длительности и скважности, на выходе моста можно получить необходимое синусоидальное напряжение (первая гармоника спектра частот).

Управляющие сигналы напряжением 5 В для управления МОП-транзисторами подаются с логического устройства микроконтроллера. Параметры управляющих сигналов (длительность и скважность) определяются микроконтроллером по запросам, поступающим от соответствующих датчиков. Так, в системах типа КХ фирмы MHI частота вращения двигателя компрессора изменяется от 5 до 120 Гц (число оборотов от 300 до 7 200 мин$^{-1}$) в зависимости от затребованной производительности (частоты) внутренних блоков системы. Затребованная частота зависит от температуры уставки, действительной температуры в помещении и скорости изменения температуры в помещении.

Инверторное управление компрессором кондиционера позволяет исключить циклы включения-выключения, уменьшить пусковые токи, увеличить надежность, повысить точность поддержания температуры в помещении, обеспечить быстрый выход на заданный режим.

IBIK

4.5. ЧЕТЫРЕХХОДОВЫЕ КЛАПАНЫ ОБРАТИМОСТИ ЦИКЛА

4.5.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИЯ ЧЕТЫРЕХХОДОВОГО КЛАПАНА ОБРАТИМОСТИ ЦИКЛА

Четырехходовой клапан обратимости цикла (V4V) предназначен для преобразования цикла холодильной машины в цикл теплового насоса. Такое преобразование также необходимо для оттайки наружного блока в зимний период.

Принцип работы клапана V4V заключается в следующем.

При нормальной работе холодильной машины перегретый пар поступает в конденсатор, где конденсируется, отдавая тепло в окружающую среду. При работе в режиме теплового насоса необходимо, чтобы перегретый пар поступал не в конденсатор, а в испаритель, и тем самым обогревал помещение за счет тепла, отбираемого конденсатором из окружающей среды.

Как видно, для преобразования цикла необходимо поменять местами в холодильном контуре испаритель и конденсатор. То есть один и тот же теплообменник в одном случае должен играть роль конденсатора, а в другом — испарителя. Поэтому логичнее для тепловых насосов использовать термины "теплообменник внутреннего блока" и "теплообменник наружного блока".

Клапан V4V (рис. 4.5.1) состоит из цилиндра (*4*), к которому подводятся перегретый пар высокого давления от компрессора (*24*) (вход *A*), пар низкого давления (вход *C*), входы внутреннего (вход *B*) и наружного теплообменников (вход *D*). Наружный (*23*) и внутренний (*21*) теплообменники (контуры высокого и низкого давления) разделены регулятором подачи хладагента (*22*) — капиллярной трубкой или ТРВ.

Внутри цилиндра (*4*) расположен золотник (*6*) с двумя поршнями (*3* и *8*). Золотник соединен с камерой (*5*), которая направляет поток хладагента от входа *C* к выходам *B* или *D*. Если золотник с камерой находятся слева, то вход *A* соединяется с выходом *D*. Если золотник передвинуть вправо, то вход *A* будет соединен с выходом *B*.

При расположении золотника слева контур будет работать в режиме холодильной машины, а при расположении справа — в режиме теплового насоса. Для передвижения золотника с помощью электромагнита потребуется создать большое усилие, так как необходимо преодолеть давление нагнетания. Поэтому для передвижения золотника используется перепад давлений всасывания и нагнетания, а управление золотником производится с помощью дополнительного пилот-клапана (*16*). Главный цилиндр соединен с цилиндром пилот-клапана тремя капиллярными трубками (*12*, *14* и *15*). На концах главного золотника

ІВІК

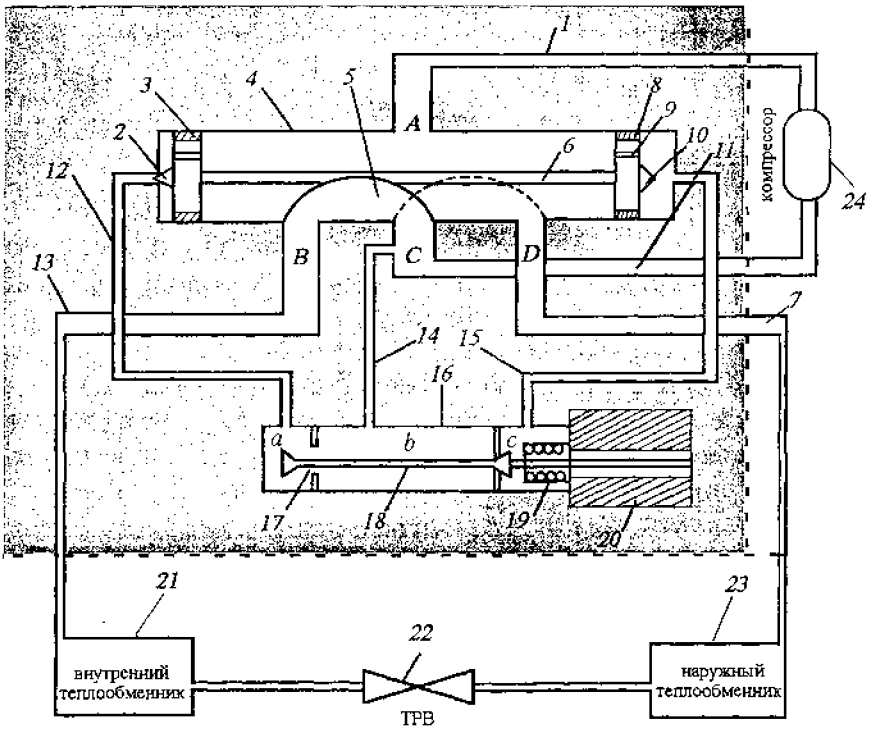


Рис. 4.5.1. Схема четырехходового клапана обращения цикла:
1 – магистраль перегретого пара; *2, 10* – запорная игла; *3, 8* – поршень; *4* – главный цилиндр; *5* – передвижная камера; *6* – золотник; *9* – перепускное отверстие; *12, 14, 15* – капиллярные трубки; *7, 11, 13* – магистраль внутреннего и наружного теплообменников; *16* – цилиндр пилот-клапана; *17*– гнездо золотника, *18* – золотник пилот-клапана; *19* – пружина; *20* – электромагнит; *21* – внутренний теплообменник; *22* – регулятор потока жидкого хладагента; *23* – наружный теплообменник; *24* – компрессор

расположены поршни (*3* и *8*) с запорными иглами (*2* и *10*). Запорные иглы при изменении цикла запирают выход в одну из капиллярных трубок (*12* или *15*). В поршнях имеются небольшие отверстия (*9*) диаметром 0,15–0,2 мм. Перемещение золотника пилот-клапана производится подачей напряжения на обмотку электромагнита (*20*).

При отсутствии напряжения на обмотке электромагнита (*20*) в пилот-клапане в полостях (*a*) и (*b*) давление равно давлению всасывания $P_{вс}$, в полости (*c*) давление равно давлению нагнетания $P_{наг}$ (рис. 4.5.3, *а*). На поршень главного цилиндра (*8*) с двух сторон действует давление $P_{наг}$, на поршень (*3*) со стороны главного цилиндра действует давление $P_{наг}$, а со стороны капиллярной трубки (*12*) – давление $P_{вс}$, поэтому золотник сместится влево и закроет выход в капиллярную трубку (*12*). Поршень перейдет в равновесное состояние. Если какие-либо силы (например, вибрации) попытаются сдвинуть золотник вправо, на поршне сразу же возникнет разность давлений $\Delta P = P_{наг} - P_{вс}$. Следовательно, перемещение золотника происходит под действием разности между значениями $P_{наг}$ и $P_{вс}$.

IBIK

При отсутствии питания на электромагните (*20*) холодильный контур работает в режиме холодильной машины (рис. 4.5.3, *а*). Если подать напряжение на электромагнит пилот-клапана, то золотник (*18*) переместится вправо и закроет полость (*а*), а полость низкого давления (*b*) через открытое отверстие соединится с полостью (*с*). В результате на поршне (*8*) возникает разность давлений:

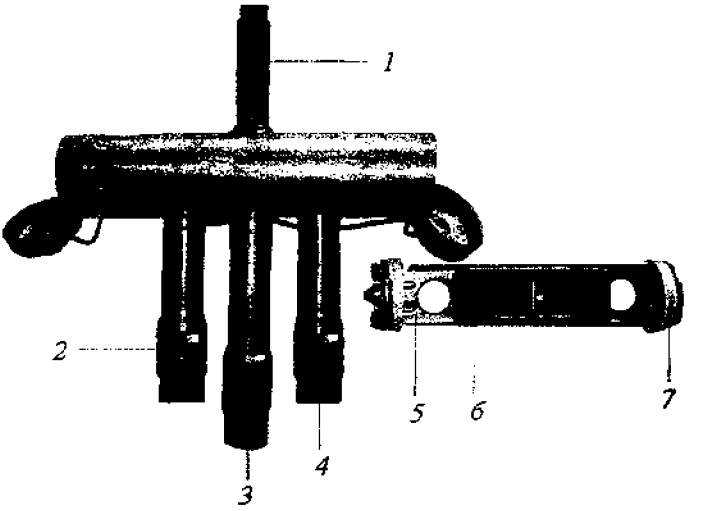
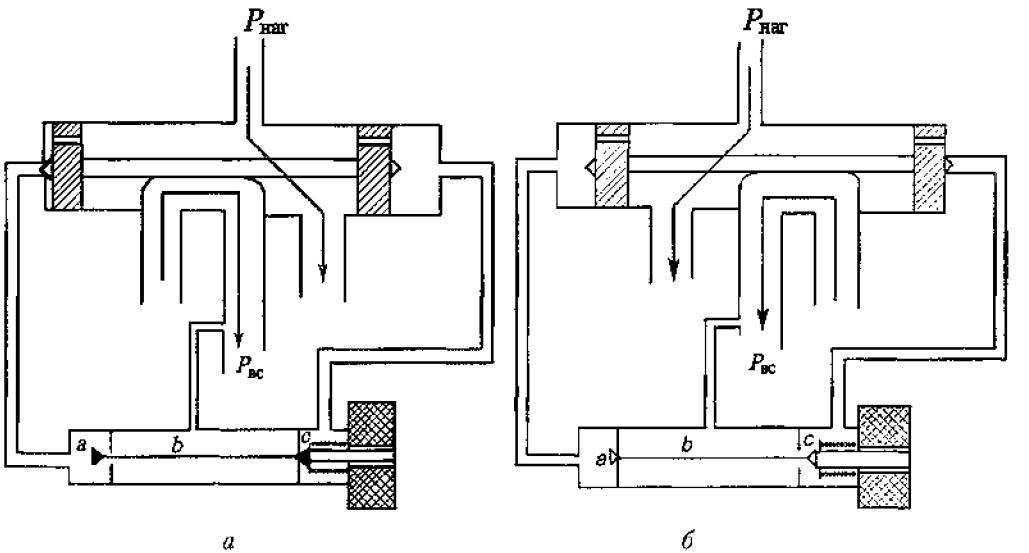


Рис. 4.5.2. Элементы четырехходового клапана:
1 — вход *A*; *2* — вход *B*; *3* — вход *C*; *4* — вход *D*; *5* — золотник; *6* — передвижная камера; *7* — поршень

со стороны главного цилиндра давление $P_{наг}$, а со стороны капиллярной трубки — $P_{вс}$. Золотник переместится вправо, и линия всасывания *C* соединится с выходом *D*. Перегретый пар начнет поступать во внутренний теплообменник (*21*). Холодильный контур переключится в режим теплового насоса (рис. 4.5.3, *б*).

При работе в режиме холодильной машины наружный теплообменник заполнен жидким хладагентом. Если мгновенно переключиться



а *б*

Рис. 4.5.3. Режимы работы четырехходового клапана:
а — напряжение питания не подано; *б* — напряжение питания подано

на режим теплового насоса, возможно попадание жидкости в компрессор с последующим гидроударом. Для исключения этого в контуре перед всасывающим патрубком компрессора обязательно устанавливается докипатель. Кроме того, при переключении цикла электронной системой управления сначала останавливается компрессор, затем переустанавливается клапан V4V и через некоторое время вновь включается компрессор.

4.5.2. ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТИ ЧЕТЫРЕХХОДОВЫХ КЛАПАНОВ

1. Оценку работоспособности клапана V4V можно произвести путем измерения температуры на трубках (*A*), (*B*), (*C*) и (*D*). На трубке (*A*), которая постоянно соединена с нагнетательным патрубком, температура должна быть 70–90 °С (при определении температуры на ощупь будьте осторожны!). На трубке (*C*), соединенной со всасывающей магистралью, температура должна быть 8–12 °С. На трубках (B) и (D) температура зависит от режима работы холодильного контура. Капиллярные трубки пилот-клапана должны иметь температуру корпуса главного цилиндра.

2. Если золотник клапана (*6*) заклинит в промежуточном положении, проявятся признаки неисправности, характерные для "слабого" компрессора:

- снижение холодопроизводительности;
- падение давления конденсации;
- рост давления всасывания.

В промежуточное положение золотник может переустановиться при транспортировке или механических ударах.

Установить клапан в нужное положение можно, постукивая по одному концу клапана деревянным молотком или через резиновую прокладку.

При замене клапана V4V нужно установить золотник в правильное положение. Для этого необходимо посмотреть на клапан со стороны трех труб. Возможное расположение золотника визуально отображено на видах (*1*), (*2*) и (*3*) на рис. 4.5.4.

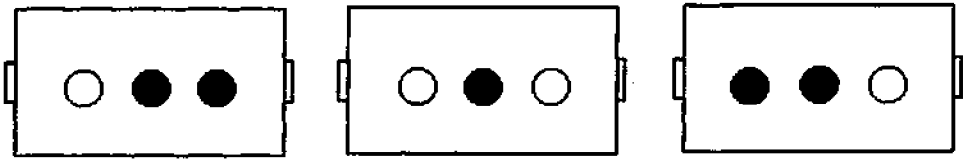


Рис. 4.5.4. Возможное расположение золотника:
1 – золотник справа; *2* – золотник в среднем положении; *3* – золотник слева; виды *1* и *2* – неправильное расположение золотника

IBIK

3. Причиной заклинивания золотника в промежуточном положении могут быть механические повреждения элементов клапана или вибрации при транспортировании.

Если одна из капиллярных трубок будет погнута или засорена, проходное сечение будет уменьшено. Это не позволит быстро сбрасывать давление в полостях позади поршней золотника.

4. Могут также засоряться перепускные отверстия (*9*) поршней. Эти отверстия имеют диаметр 0,15–0,2 мм, поэтому, если внутри холодильного контура будет грязь, окись меди, стружка, припой и т. д., засорение их неизбежно.

Для исключения этого необходимо при монтаже следить за чистотой труб, пайку труб производить в среде инертного газа. При замене и добавлении масла нужно использовать масло только той марки, которое было в контуре, или производить тщательную промывку контура при заливке масла другой марки.

5. При пайке клапана V4V его нельзя перегревать, так как фторопластовые уплотнительные кольца поршней главного золотника выйдут из строя. При пайке корпус главного клапана необходимо обмотать ветошью и периодически поливать водой. Можно использовать теплопроводную пасту для отбора тепла от корпуса клапана.

6. Быстрое перемещение главного золотника при обращении цикла происходит под воздействием разности давлений $P_{наг}$ и $P_{вс}$. В холодильных контурах с капиллярной трубкой, где $P_{наг}$ и $P_{вс}$ уравниваются при остановке компрессора, переключать клапан V4V до появления разности ΔP нельзя. Поэтому обычно электронное управление должно обеспечивать следующий алгоритм обращения цикла после остановки компрессора (рис. 5.3.9):

- включение компрессора для достижения ΔP;
- выключение компрессора;
- выдержка примерно 50 с;
- переключение клапана V4V;
- выдержка примерно 10 с;
- включение компрессора.

7. Нарушение работы пилот-клапана.

7.1 Оценку работы пилот-клапана можно определить на слух: при подаче напряжения питания слышен щелчок. Если щелчка не слышно, необходимо проверить, подается ли напряжение на клапан в режиме теплового насоса.

Распространенной ошибкой монтажников сплит-систем является неправильное подключение электрических проводов между внутренним и наружным блоками. Если провода, идущие на управление клапана V4V и вентилятора наружного блока, будут перепутаны местами, питание на клапан V4V в режиме теплового насоса подаваться не будет.

IBIK

7.2. На неисправность пилот-клапана указывает различная температура капиллярных трубок.

Если одна из капиллярных трубок имеет повышенную температуру, то это означает, что между полостями нагнетания и всасывания существует утечка и, следовательно, запорная игла соответствующего поршня не обеспечивает герметичности.

Для устранения этого необходимо искусственно повысить разность давлений ΔP, закрыв на время конденсатор картоном. Если это помогло, то выполнить несколько обращений цикла и убедиться в устранении дефекта. Если неисправность осталась,— заменить главный клапан V4V.

7.3. Если все три капиллярные трубки горячие, то это означает, что золотник управляющего клапана установился в промежуточном положении.

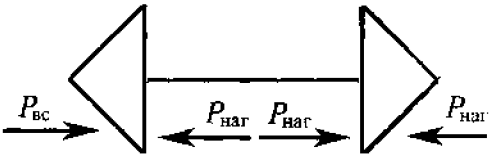
В этом случае необходимо проверить:

- напряжение питающей сети;
- ток катушки электромагнита (номинальное значение тока указано на корпусе клапана);
- отсутствие заеданий при перемещении якоря катушки электромагнита.

Некоторые монтажники проверяют качество работы катушки путем введения вместо сердечника лезвия отвертки. При такой проверке нужно иметь в виду, что без сердечника катушка может сгореть, а при введении отвертки ток катушки примерно в 2 раза больше номинального.

7.4. Нормальная работа пилот-клапана будет обеспечена при определенных перепадах $\Delta P = P_{наг} - P_{вс}$. Для того чтобы золотник главного клапана переключился, должно выполняться следующее условие:

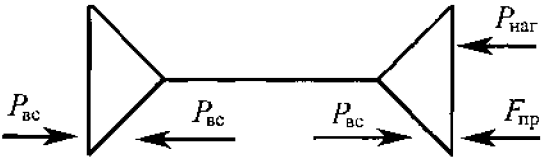
$$\Delta P = P_{наг} - P_{вс} > 1{,}0 \text{ бар}. \qquad (4.5.1)$$



Для переключения золотника пилот-клапана (переключение холодильного контура в режим теплового насоса) необходимо, чтобы электромагнит имел усилие втягивания сердечника:

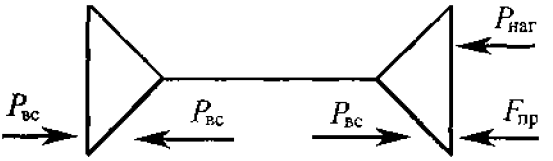
$$F_{эл} \geq F_{пр} + P_{наг} - P_{вс} \geq F_{пр} + \Delta P. \qquad (4.5.2)$$

IBIK



Для возврата в режим холодильной машины должно соблюдаться условие:

$$F_{пр} + P_{вс} \geq P_{наг} \text{ или } F_{пр} \geq P_{наг} - P_{вс} \geq \Delta P. \qquad (4.5.3)$$



Последнее равенство ограничивает ΔP в сторону увеличения, ΔP не должно быть больше $F_{пр}$.

На корпусе клапана V4V, как правило, указывается ΔP_{min} (обычно 1,0 бар) и ΔP_{max} (обычно 25,0 бар).

Из последнего условия вытекает одна возможная неисправность: если после переключения в режим теплового насоса возрастает $P_{наг}$ и, следовательно, ΔP так, что $\Delta P > F_{пр}$, то при снятии напряжения с электромагнита клапан 4V4 в обратное положение (режим холодильной машины) не переключится.

4.6. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА

Элементы холодильного контура можно разделить на основные и вспомогательные. К основным элементам относятся компрессор, теплообменники (испаритель и конденсатор), регулятор потока хладагента и четырехходовой клапан (для теплового насоса).

К вспомогательным элементам относятся жидкостный ресивер, докипатель жидкости, маслоотделитель, фильтры, глушитель, смотровые стекла, обратные клапаны и др.

4.6.1. ЖИДКОСТНЫЕ РЕСИВЕРЫ

При изменении холодопроизводительности холодильной машины в процессе работы расход хладагента будет различным. Чтобы повышение производительности (переход на другой режим) происходило быстро, необходимо иметь в контуре запас жидкого хладагента. Для этого в холодильном контуре между конденсатором и регулятором потока хладагента (ТРВ) устанавливают емкость, которая называется жидкостным ресивером (рис. 4.6.1).

IBIK

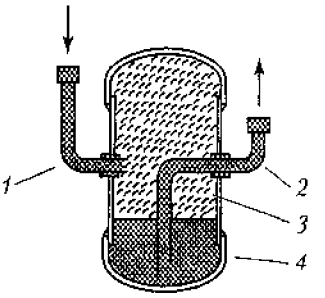


Рис. 4.6.1. Жидкостный ресивер:
1 – входной патрубок; *2* – выходной патрубок; *3* – корпус; *4* – поддон

Ресивер также служит для сбора в нем всего хладагента, заправляемого в установку, в случае вскрытия холодильного контура для ремонта.

В небольших холодильных установках, где конденсатор сам может выполнять функцию резервной емкости, жидкостный ресивер не устанавливается. Не устанавливается жидкостный ресивер в установках с капиллярной трубкой. При наличии избыточного количества жидкого хладагента в случае остановки компрессора он соберется в самом холодном месте (в испарителе). При следующем очередном пуске из переполненного жидкостью испарителя в компрессор может попасть жидкость, что приведет к гидроудару и выходу клапанов компрессора из строя.

Забор жидкости производится со дна ресивера. Некоторые ресиверы снабжены устройством визуализации уровня жидкости. Так как ресивер является сосудом, работающим под высоким давлением, конструкция должна позволять изолировать его от остальных частей контура, и он должен быть всегда оборудован предохранительным клапаном. Выходной патрубок предохранительного клапана должен обеспечивать медленный сброс хладагента. Емкость ресиверов, предназначенных для сбора всего хладагента, должна быть на 25–30 % больше объема всего хладагента, чтобы над уровнем жидкости всегда была газовая фаза. Емкость ресиверов, предназначенных только для накопления резервного хладагента, необходимого для обеспечения нормальной работы ТРВ при изменении холодопроизводительности установки, должна равняться 25–30 % объема жидкого хладагента, заправленного в установку.

4.6.2. ДОКИПАТЕЛИ ЖИДКОГО ХЛАДАГЕНТА

Докипатель жидкости — это замкнутый объем, устанавливаемый перед компрессором, предназначенный для испарения остатков жидкого хладагента, который по каким-либо причинам не испарился в испарителе. Тем самым предотвращается гидравлический удар в компрессоре. Вход хладагента в докипатель производится в нижнюю часть, а выход — из верхней части докипателя (рис. 4.6.2).

Кроме функции разделения жидкой и газообразной фаз хладагента,

IBIK

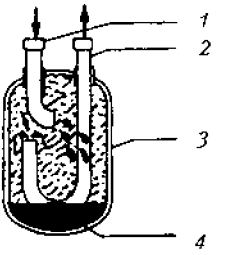


Рис. 4.6.2. Докипатель хладагента:
1 – входной патрубок; *2* – выходной патрубок;
3 – корпус; *4* – отверстие для возврата масла

докипатель обеспечивает возврат масла в компрессор. Емкость докипателя должна быть равна примерно 50 % объема хладагента, заправляемого в установку. Размеры докипателя выбираются, исходя из необходимой поверхности жидкости, которая должна быть равна:

$$S = \frac{Q_0}{q_0 \cdot V_n}, \qquad (4.6.1)$$

где S – поверхность жидкости в докипателе, м^2;

Q_0 – холодопроизводительность, кВт;

q_0 – удельная объемная холодопроизводительность хладагента, кДж/м^3;

V_n – допустимая скорость паров хладагента, м/с.

Таблица 4.6.1. Допустимые значения скорости паров хладагента в докипателе жидкости, м/с

Хладагент	Температура испарения t_0, °С								
	+20	+10	±0	–10	–20	–30	–40	–50	–60
R11	0,80	0,96	1,17	1,45	1,84	2,37			
R12	0,30	0,35	0,41	0,49	0,59	0,73	0,90	1,15	1,49
R22	0,26	0,31	0,37	0,44	0,53	0,64	0,80	1,02	1,32
R500	0,29	0,33	0,39	0,47	0,57	0,69	0,86	1,09	1,42
R502	0,22	0,26	0,30	036	0,43	0,52	0,64	0,81	1,03
R717	0,29	0,34	0,41	0,50	0,61	0,77	0,98	1,29	1,74

4.6.3. ГЛУШИТЕЛИ

Глушитель предназначен для снижения уровня звука, создаваемого хладагентом при выталкивании его из компрессора (рис. 4.6.3). Устанавливается глушитель непосредственно на нагнетательном патрубке компрессора. Потери давления в глушителе составляют 0,2–0,4 бара.

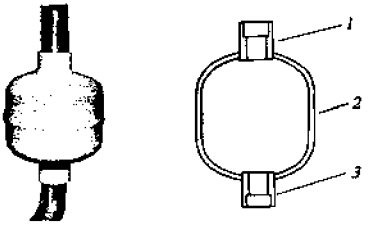


Рис. 4.6.3. Глушитель:
а – внешний вид; *б* – конструкция;
1 – выходной патрубок; *2* – корпус;
3 – входной патрубок

IBIK

4.6.4. МАСЛООТДЕЛИТЕЛИ

Маслоотделитель (рис. 4.6.4) необходим во всех случаях, когда есть сомнения в том, что не все масло сможет возвратиться в компрессор. Маслоотделитель работает следующим образом. Смесь хладагента и масла поступает в патрубок (*8*) и проходит через маслоотбойник (*9*). Масло опускается на дно маслоотделителя, а хладагент, пройдя через фильтр (*5*), выходит через патрубок (*4*). При достижении определенного уровня масло поднимает поплавок (*1*) и связанную с ним запорную иглу (*2*). Масло через масляный патрубок (*3*) и капиллярную трубку возвращается в компрессор.

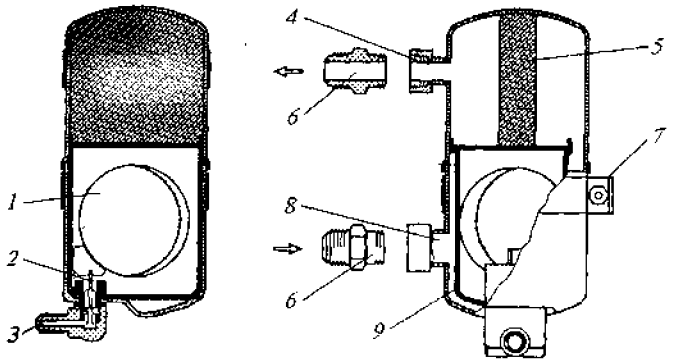


Рис. 4.6.4. Маслоотделитель:
1 – поплавок; *2* – запорная игла; *3* – масляный патрубок; *4* – патрубок выхода хладагента; *5* – фильтр; *6* – переходник; *7* – кронштейн для крепления маслоотделителя; *8* – патрубок входа; *9* – маслоотбойник

При работе на хладагентах, смешивающихся с маслом, маслоотделитель должен быть размещен на нагнетательном патрубке сразу после компрессора. В этом случае отделение масла происходит легко, поскольку его температура высокая и оно содержит минимальное количество хладагента.

Для хладагентов, не смешивающихся с маслом, эффективность маслоотделителя повышается тем больше, чем ниже температура гетерогенной смеси масла и паров хладагента. Поэтому маслоотделитель нужно в этих условиях разместить как можно дальше от компрессора. После прохода через маслоотделитель количество масла, остающееся в хладагенте, не должно превышать 100 ppm (10^{-6} долей).

4.6.5. КЛАПАНЫ

Клапанами называются конструкции арматуры с затвором в виде плоской, конусной тарелки или шара, перемещающимся возвратно-поступательно вдоль центральной оси уплотнительной поверхности седла корпуса.

В зависимости от назначения они подразделяются на запорные, предохранительные, отсечные, обратные.

Клапан, в котором затвор, выполненный в виде тарелки или иглы, перемещается при помощи резьбовой пары, называют вентилем.

IBIK

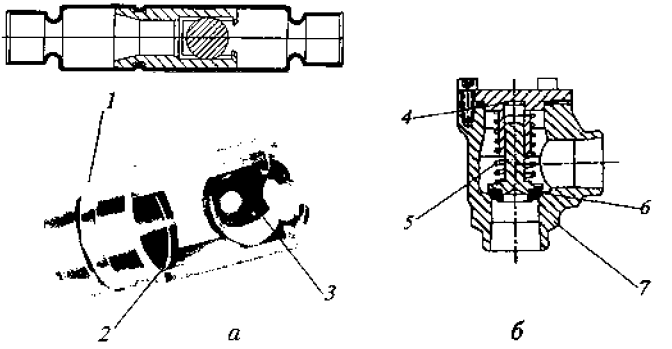


Рис. 4.6.5. Обратные клапаны:
а — шарикового типа; *б* — пружинного типа; *1* — бронзовый сплав с антикоррозийной оболочкой; *2* — кольцевое седло шарика; *3* — шарик; *4* — прокладка; *5* — пружина; *6* — тарелка обратного клапана; *7* — корпус

Обратные клапаны обеспечивают движение хладагента только в одну сторону. В том случае, если по каким-либо причинам хладагент пойдет в обратном направлении, клапан перекроет канал, в котором он расположен.

Обратные клапаны бывают шарикового и пружинного типа. Принцип их работы понятен из рис. 4.6.5. Падение давления на обратном клапане составляет 0,02–0,05 бара.

Клапаны с шариковым запорным элементом менее чувствительны к загрязнению, поскольку угол контакта "седло—шарик" довольно большой и посторонние частицы автоматически удаляются с седла посадки шарика.

4.6.6. ФИЛЬТРЫ-ОСУШИТЕЛИ

При монтаже фреоновой магистрали внутрь контура попадают твердые частицы различной природы и влага. Как бы ни была хорошо отвакуумирована система, в ней всегда есть влага, которая может стать причиной коррозии и закупорки четырехходового клапана, регулятора потока хладагента, обратного клапана.

При повышенном содержании влаги образуются кислоты, углеродсодержащие смолистые продукты разложения масла и др.

Для удаления этих веществ в холодильном контуре устанавливаются фильтры и поглотители влаги. Эти функции могут выполняться одним многофункциональным элементом, называемым фильтром-осушителем (рис. 4.6.6), который обеспечивает одновременно фильтрацию, осушение и нейтрализацию кислот.

Фильтры-осушители устанавливаются в жидкостном трубопроводе перед регулятором потока, где температура самая низкая, т. е. после конденсатора.

IBIK

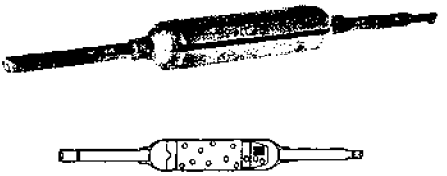


Рис. 4.6.6. Фильтр для малых холодильных машин

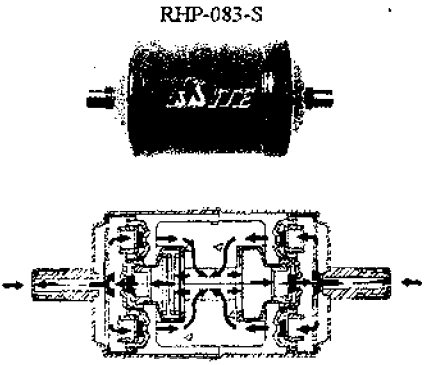


Рис. 4.6.7. Фильтр для больших холодильных машин

Фильтры могут быть моноблочные, как правило, в установках небольшой мощности, и разборные со сменным наполнителем.

Соединение фильтров в малых холодильных установках выполняется методом пайки, а в больших — резьбой с накладными гайками.

При пайке фильтра необходимо охлаждать корпус фильтра влажной ветошью и в течение всей операции пайки продувать фильтр сухим азотом.

Любое вскрытие холодильного контура требует замены фильтра-осушителя.

В тепловых насосах необходимо устанавливать фильтры двустороннего действия.

Если меняется сгоревший компрессор, то на короткое время устанавливаются специальные патроны с последующим их удалением.

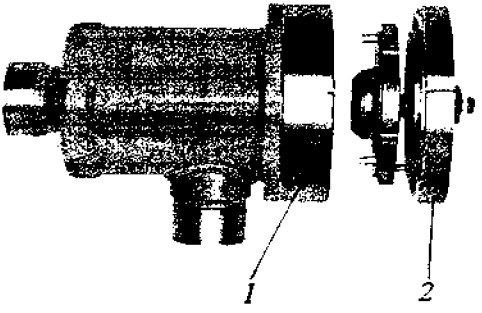


Рис. 4.6.8. Разборный фильтр: *1* – корпус; *2* – крышка

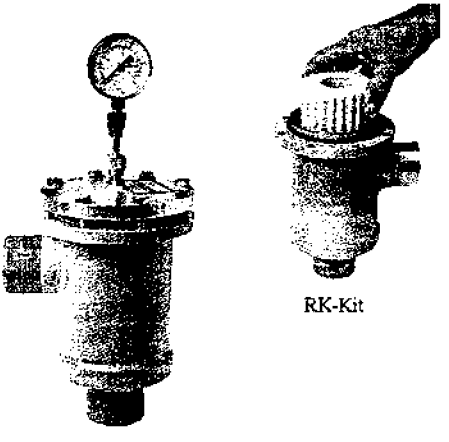


Рис. 4.6.9. Замена фильтрующего элемента

IBIK

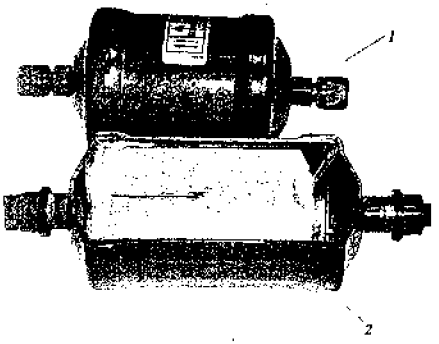


Рис. 4.6.10. Сменные фильтры:
1 — фильтр с резьбовым соединением; *2* — конструкция фильтра (вырез условный)

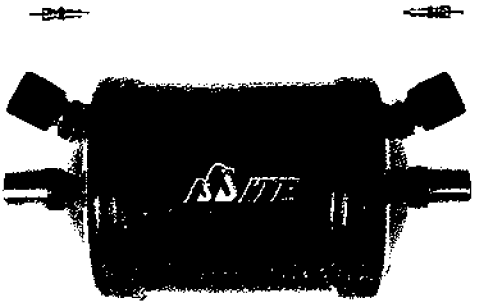


Рис. 4.6.11. Фильтр с клапанами Шредера

Некоторые фильтры и патроны оснащены на входе и выходе клапанами Шредера (рис. 4.6.11). Путем измерения падения давления на фильтре-осушителе определяется степень чистоты фильтра. Потери давления на фильтре-осушителе не должны превышать 0,2 бара.

4.6.7. СМОТРОВЫЕ СТЕКЛА

Смотровое стекло (рис. 4.6.12) устанавливается на жидкостном трубопроводе перед регулятором потока хладагента и предназначено для контроля наличия в жидком хладагенте паровых пузырьков.

Паровые пузырьки — признак одной из следующих аномалий в работе установки:

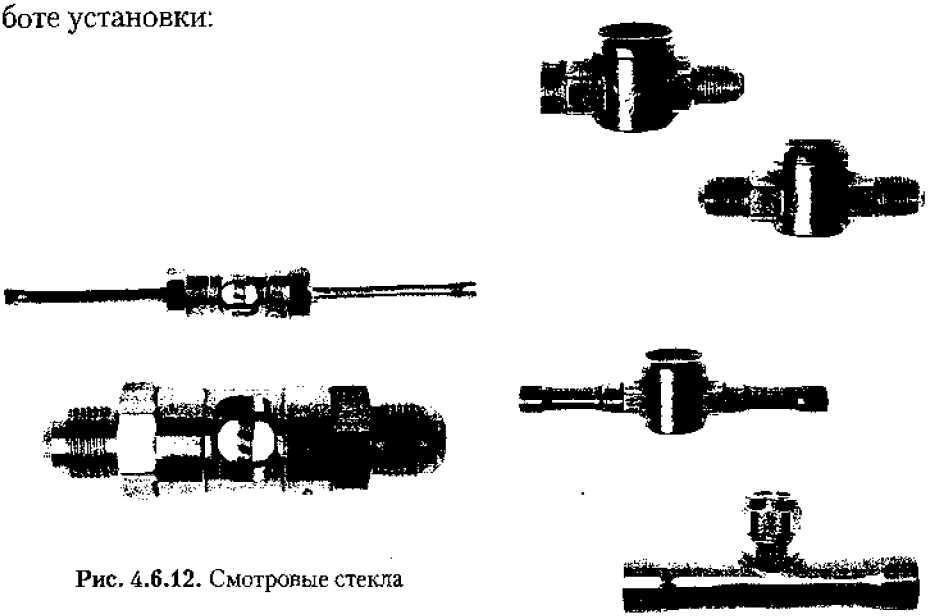


Рис. 4.6.12. Смотровые стекла

IBIK

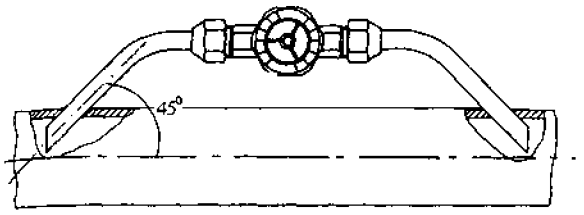


Рис. 4.6.13. Впайка смотрового стекла

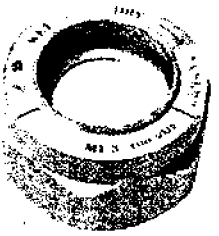


Рис. 4.6.14. Индикатор влажности смотрового стекла

- недостаточное количество хладагента в контуре;
- аномально высокие потери давления на фильтре-осушителе или частичная закупорка трубопровода;
- малое переохлаждение жидкого хладагента;
- значительный теплоприток (плохая теплоизоляция жидкостного трубопровода).

Если нет смотрового стекла с необходимым диаметром труб, можно впаять в основную магистраль смотровое стекло с трубами меньшего диаметра, как показано на рис. 4.6.13.

Многие смотровые стекла снабжены индикатором влажности хладагента. Если влажность хладагента выше допустимой (для R22–40 ppm, т. е. 40 мг воды на 1 кг хладагента), то индикатор меняет свой цвет (рис. 4.6.14).

IBIK

Раздел 5 Бытовые кондиционеры

5.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К БЫТОВЫМ КОНДИЦИОНЕРАМ

Бытовые кондиционеры, предназначенные для установки в жилых домах, офисах на дачах и т. д., должны отвечать следующим требованиям.

1. Напряжение питания

Напряжение питания должно быть однофазным. Величина напряжения и частота определяются стандартами страны, в которой устанавливается кондиционер.

2. Потребляемая мощность

Потребляемая мощность не должна превышать 3,0 кВт. Это та мощность, которую допускается потреблять от стандартной бытовой однофазной розетки.

3. Производительность

Так как потребляемая мощность бытового кондиционера не должна превышать 3 кВт, а холодильный коэффициент бытового кондиционера равен 2,3–2,5, то производительность не может быть больше, чем

$$Q \le 3{,}0 \cdot 2{,}5 = 7{,}5 \text{ кВт}. \qquad (5.1.1)$$

Кондиционеры с производительностью более 7,0 кВт относятся к полупромышленным.

4. Шумовые характеристики

При использовании понятия "шум" следует помнить, что это обобщенный термин, употребляемый для определения постороннего (мешающего) источника звука. Точным определением этого явления есть термин "звук". Звук характеризуется давлением, мощностью и интенсивностью. Все перечисленные параметры измеряются в децибелах (дБ). Подробно эти понятия, характеризующие их величины и методы измерений, изложены в разделе 11. Следует отметить, что при измерении одного и того же источника шума разность между значениями уровня звуковой мощности и уровня звукового давления составляет более 11 дБ (А).

IBIK

Поэтому при сравнении технических характеристик кондиционеров необходимо обращать внимание на то, в каких единицах приводится значение уровня звука. Некоторые производители в технической документации указывают уровень звуковой мощности, другие — звукового давления.

В государственных стандартах Украины указываются допустимые уровни звукового давления. Допустимый уровень звукового давления, создаваемый кондиционером в помещении, не должен превышать 40 дБ (А). Это условие выполняется кондиционерами, у которых элементы с повышенным уровнем шума вынесены за пределы помещения. Такие кондиционеры получили название сплит-систем *.

В сплит-системах испаритель с обдувающим его вентилятором (внутренний блок) размещается в любой части помещения, а компрессор, конденсатор и другие элементы холодильного агрегата (компрессорно-конденсаторный или наружный блок) могут располагаться вне помещения на расстоянии от 3 м до 100 м от внутреннего блока. Внутренний и наружный блоки кондиционеров соединяются медными трубами, по которым протекает хладагент, и электрическими проводами, по которым передаются сигналы управления и напряжение питания.

5. Условия применения

Бытовые кондиционеры в основном предназначены для работы в летний период в режиме охлаждения. В режиме нагрева бытовые кондиционеры используют в переходные периоды года (весна, осень), когда центральное или местное отопление еще не включено. Поэтому диапазон температур окружающей среды, при которой целесообразно использовать бытовой кондиционер, составляет от –5 °С до +35 °С (в тропическом исполнении до +43 °С).

6. Конструкция

Конструкция кондиционеров должна обеспечивать их монтаж как во вновь строящихся, так и в заселенных зданиях, с минимальными строительно-монтажными работами и в кратчайшие сроки.

7. Управление

Бытовые кондиционеры должны быть просты в управлении.

8. Стоимость

Стоимость бытовых кондиционеров не должна быть высокой. Поэтому аппаратурной насыщенности предпочитается наукоемкость.

5.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

В каталогах и справочниках приводятся следующие технические характеристики.

* От англ. Split — расщепленный

IBIK

1. Холодопроизводительность

Минимальная холодопроизводительность кондиционеров устанавливается, исходя из необходимости обслуживания небольших комнат площадью от 15 до 20 м^3. Как правило, для этого достаточно от 1,8 до 5,0 кВт холодильной мощности. Максимальная холодопроизводительность, исходя из допустимой мощности, потребляемой от бытовой розетки однофазной сети, составляет от 5,0 до 7,0 кВт.

2. Теплопроизводительность

Теплопроизводительность кондиционеров на 15–20 % превышает холодопроизводительность, так как в режиме нагрева испаритель играет роль конденсатора. Ранее было показано, что конденсатор выделяет тепла больше, чем поглощает испаритель, а в кондиционерах (тепловых насосах) при изменении режима работы "нагрев–охлаждение" конденсатор и испаритель меняются функциями.

3. Условия проведения испытаний

Измерение характеристик кондиционеров производится в соответствии с международными стандартами (например, ISO-T1), в которых оговорены условия испытаний. Так, фирма Mitsubishi Heavy Industries проводит испытания в условиях, указанных в таблице 5.2.1.

Таблица 5.2.1 Условия проведения испытаний бытовых кондиционеров

Параметр	Температура в помещении, °С		Температура наружного воздуха, °С		Стандарт
Режим	По сухому термометру	По влажному термометру	По сухому термометру	По влажному термометру	
Холод	27	19	35	24	JIS C9612 ISO-T1
Тепло	20	—	7	6	JIS C9612 ISO-T1

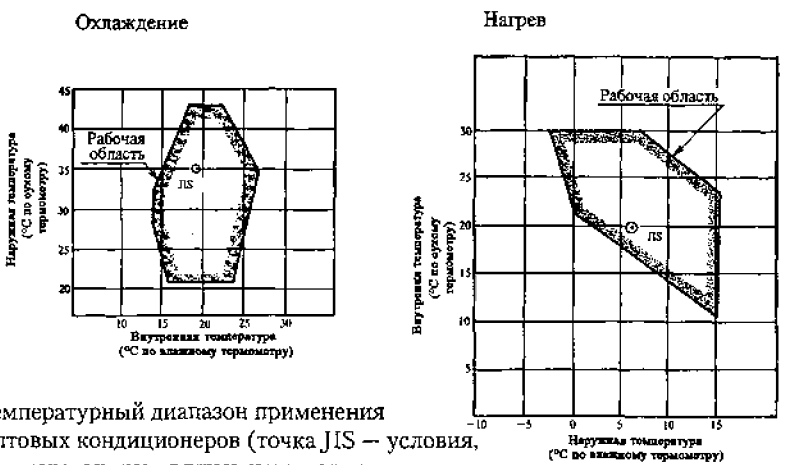


Рис. 5.2.1. Температурный диапазон применения бытовых кондиционеров (точка JIS – условия, при которых измерялись номинальные параметры кондиционера)

При проведении испытаний в этих условиях гарантируются указанные в паспорте технические характеристики кондиционеров. С изменением параметров наружного воздуха и воздуха в помещении характеристики могут изменяться. Поэтому дополнительно оговариваются области допустимых диапазонов температуры окружающей среды. Так, в справочниках Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. приводятся графики допустимых условий эксплуатации кондиционеров, на которых указывается точка, при которой проводились испытания (рис. 5.2.1).

Изменения параметров в зависимости от температуры окружающей среды для бытовых кондиционеров указываются на графиках или в таблицах.

Из графика на рис. 5.2.2 видно, что кондиционеры в режиме обогрева могут работать при температуре до –10 °С; при этом теплопроизводительность уменьшится в 2 раза (коэффициент коррекции 0,5) относительно номинального значения. Учитывая, что холодильный коэффициент кондиционера составляет 2,2–2,5, снижение производительности в 2 раза уменьшает холодильный коэффициент до значений близких к 1,0. Это означает, что использовать кондиционер при температурах ниже –10 °С нецелесообразно. В этих условиях экономичнее использовать более дешевый электрокалорифер, имеющий тепловой КПД близкий к 1,0.

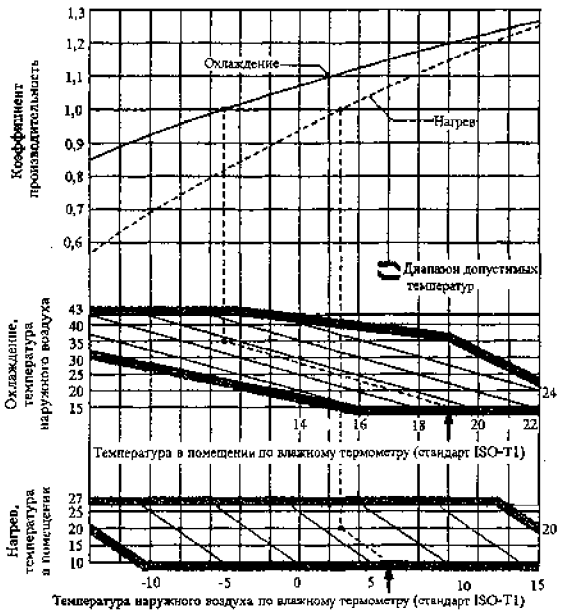


Рис. 5.2.2. Изменение производительности кондиционера в зависимости от температуры окружающей среды

В режиме охлаждения допустимый диапазон температур окружающей среды составляет от 15 до 35(43) °С. При этом коэффициент коррекции изменяется от 0,9 до 1,25.

4. Напряжение питания, потребляемая мощность и токи

В справочниках, помимо номинального напряжения питания, указываются его предельные значения. Для кондиционеров с номинальным напряжением 220 В допускается диапазон напряжения питания от 198 до 264 В.

IBIK

Очень важными параметрами являются рабочий и пусковой токи. Пусковой ток электродвигателей кондиционеров в 5–6 раз превышает рабочий ток. Длительность пускового тока составляет от 0,5 до 1,0 с. Это необходимо учитывать при выборе автоматических выключателей защиты по току и сечения проводов питания.

В момент пуска падение напряжения на проводах не должно превышать 2 % от номинального напряжения. Исходя из этого, сечение проводов питания компрессора должно быть не менее:

$$S \geq \frac{I_{\text{пуск}} \cdot \rho \cdot l}{\Delta U}, \qquad (5.2.1)$$

где $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток компрессора, А;

ρ – удельное сопротивление материала провода (для меди – $1{,}7 \cdot 10^{-2}$ Ом·мм²/м);

l – длина питающего провода от источника питания до компрессора, м;

ΔU – допустимое падение напряжения, В.

Определить необходимое сечение проводов питания можно по графику (приложение 3).

Автоматические выключатели защиты по току должны обеспечивать прохождение рабочего тока с коэффициентом запаса 1,5–2,0, а также прохождение пускового тока на протяжении времени, составляющего от 0,5 до 1,0 секунды (подробно см. подраздел 12.3).

5. Уровень звукового давления

Допустимый уровень звукового давления в помещении для бытовых электроприборов, в том числе кондиционеров, не должен превышать 40 дБ (А). Уровень звукового давления наружных блоков должен быть не более 50 дБ (А) для районов новых застроек и 55 дБ (А) – для старых.

6. Хладагент и масло

Тип и количество хладагента и масла указываются как в документации, так и на заводской табличке. В настоящее время используется хладагент R22, который не является экологически безопасным и поэтому постепенно заменяется хладагентами R407C и R410A.

Важно! Минеральные масла, применяемые для хладагента R22, несовместимы с синтетическими маслами, применяемыми для хладагентов R407C и R410A.

7. Допустимая длина и диаметры труб фреоновой магистрали

Для бытовых кондиционеров достаточная длина фреоновой магистрали составляет от 15 до 30 м, а перепад высот между наружным и внутренним блоками – от 5 до 10 м.

8. Воздушный фильтр

Воздушный фильтр внутреннего блока должен быть не ниже класса EU4 (F4) со степенью очистки не менее 90 %.

IBIK

5.3. ОСОБЕННОСТИ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

5.3.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Рассмотрим конструктивные решения бытовых кондиционеров на примере кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries.

В таблице 5.3.1 приведены типоразмеры и основные технические характеристики бытовых кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries.

Условное обозначение моделей состоит из следующих элементов:

SRK	40	8	H	EN	F	- R
1	2	3	4	5	6	7

1 — Название модели:
SRK — сплит-система, комнатный кондиционер настенного типа;
SRC — сплит-система, компрессорно-конденсаторный блок.

2 — Производительность (при работе на охлаждение и частоте напряжения питания 50 Гц): 40–4,0 кВт.

3 — Номер серии.

4 — Тип:
C — только охлаждение;
H — тепловой насос;
G(Z) — инверторное управление скоростью вращения электродвигателя компрессора.

5 — Электропитание:
EN — 1 фаза, 220/240 В, 50 Гц.

6 — Способ соединения с трубопроводом фреоновой магистрали:
F — вальцовочное соединение.

7 — Другие обозначения:
R — альтернативный хладагент R407C.

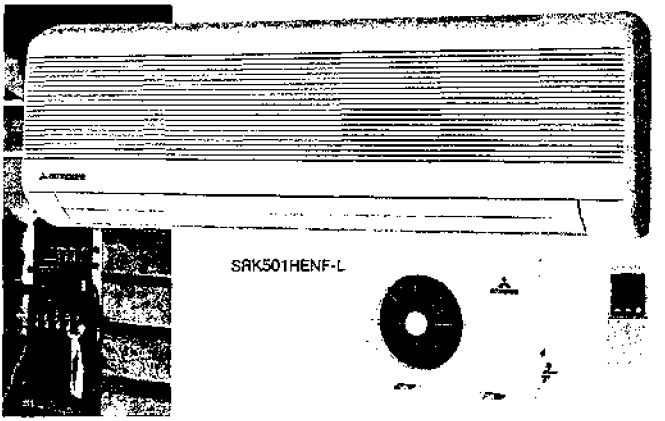


Рис. 5.3.1. Внешний вид бытового кондиционера SRK501HENF-L фирмы Mitsubishi Heavy Industries

IBIK

Таблица 5.3.1. Технические характеристики бытовых кондиционеров типа SRK-H фирмы Mitsubishi Heavy Industries

Параметр \ Модель			SRK108HENF-L | SRC108HENF-L|	SRK288HENF-L | SRC288HENF-L|	SRK378HENF-L | SRC378HENF-L|	SRK408HENF-L | SRC408HENF-L|	SRK418HENF-W | SRC418HENF|
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц				
Холодопроизводительность	JIS (ISO-A)	Вт	1800/1850	2500/2500	3000/3000	3500/3500	3600/3600
Теплопроизводительность	JIS (ISO-A)	Вт	2000/2050	2900/3000	3800/3800	4100/4100	4200/4200
Уровень звуковой мощности	Внутренний блок	дБ	36/37	38/39	40/42	40/42	Холод: 41/43 Тепло: 41/43
	Наружный блок		46/47	41/42	44/46	47/49	Холод: 48/50 Тепло: 47/49
Габаритные размеры (выс.× шир.× глуб)	Внутренний блок	мм	275×790×174	275×790×174	275×790×174	275×790×174	275×790×174
	Наружный блок		492×750×220	542×795×255	542×795×255	542×795×255	542×795×255
Вес нетто		кг	7,5	7,5	8	8	8
Масса хладагента		кг	R22: 0,62	R22: 0,88	R22:0,74	R22:1,3	R22: 1,25
Поток воздуха	Внутренний блок	м³/мин	7	7,5	8,5	8,5	9,1
	Наружный блок		21/22	23	24/24,5	22/22,5	22/22,5
Мощность электродвигателя	Внутренний блок	Вт	16	16	16	16	18
	Наружный блок		17	11	15	18	18
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм(дюйм)	6,35 (9,52)	6,35 (9,52)	6,35 (12,7)	6,35 (12,7)	6,35 (12,7)
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				

Продолжение **табл. 5.3.1**

Параметр \ Модель			SRK501HENF-L | SRC501HENF-L|	SRK508HENF-L | SRC508HENF-L|	SRK561HENF-L | SRC561HENF-L|	SRK568HENF-L | SRC568HENF-L|
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц			
Холодопроизводительность	JIS (ISO-A)	Вт	4500/4500	4550/4600	5000/5000	5200/5200
Теплопроизводительность	JIS (ISO-A)	Вт	5700/5800	5600/5700	6200/6300	6000/6100
Урввень звуковой мощности	Внутренний блок	дБ	Холод: 44/44, Тепло: 45/45	45	Холод: 45/45, Тепло: 46/46	45
	Наружный блок		Холод: 50/51, Тепло: 53/54	50	Холод: 53/54, Тепло: 46/46	53
Габаритные размеры (выс.× шир.× глуб)	Внутренний блок	мм	275 × 790 × 189	298 × 940 × 196	275 × 790 × 189	298 × 940 × 196
	Наружный блок		615 × 850 × 320	615 × 850 × 290	615 × 850 × 320	615 × 850 × 290
Вес нетто		кг	9	11	9	11
Масса хладагента		кг	R22	R22: 1,4	R22	R22: 1,35
Поток воздуха	Внутренний блок	м³/мин	Холод: 11, Тепло: 12	12,5	Холод: 12, Тепло: 13	12,5
	Наружный блок			34		34
Мощность электродвигателя	Внутренний блок	Вт	23	40	23	40
	Наружный блок		40	40	40	40
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм(дюйм)	6,35 (12,7)	6,35 (12,7)	6,35 (12,7)	6,35 (9,52)
	Способ соединения		Вальцовочное соединение			

IBIK

Продолжение табл. 5.3.1

Параметр / Модель			SRK28HENF-R [SRC28HENF-R]	SRK40HENF-R [SRC40HENF-R]	SRK28HBE [SRC28HBE]	SRK40HBE [SRC40HBE]	SRK50HBE [SRC50HBE]
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц				
Холодопроизводительность	JIS (ISO-A)	Вт	2400/2450	3500/3500	2600/2600	3600/3600	4650/4650
Теплопроизводительность	JIS (ISO-A)	Вт	3000/3000	4200/4200	2700/2700	4150/4150	5600/5600
Уровень звуковой мощности	Внутренний блок	дБ	Холод: 36/39, Тепло: 38/41	Холод: 40/42, Тепло: 41/43	39/45	43/57	44/53
	Наружный блок		Холод: 41/42, Тепло: 42/43	Холод: 47/49, Тепло: 48/50	53/59	50/64	58/67
Габаритные размеры (выс × шир × глуб)	Внутренний блок	мм	275 × 790 × 174	275 × 790 × 174	298 × 798 × 215	298 × 798 × 215	298 × 798 × 215
	Наружный блок		542 × 795 × 255	542 × 795 × 255	542 × 790 × 250	542 × 790 × 250	640 × 850 × 290
Вес нетто		кг	7,5	8	10	10,5	10,5
Масса хладагента		кг	R407C: 0,89	R407C: 1,25	R22: 0,83	R22: 1,14	R22: 1,42
Поток воздуха	Внутренний блок	м³/мин	Холод: 7,5/7,5, Тепло: 8,0/8,0	Холод: 8,5/8,5, Тепло: 9,5/9,5	Холод: 9,2, Тепло: 9,5	Холод: 9,5, Тепло: 10	Холод: 10, Тепло: 11
	Наружный блок		Холод: 23, Тепло: 23	Холод: 22/22,5, Тепло: 22/22,5	Холод: 26,7, Тепло: 26,7	Холод: 27,2, Тепло: 27,2	Холод: 27,2, Тепло: 27,2
Мощность электродвигателя	Внутренний блок	Вт	16	16	20	20	20
	Наружный блок		11	18	12	25	30
Трубопровод для хладагента	Диаметр	(мм/дюйм)	6,35 (9,52)	6,35 (12,7)	6,35 (9,52)	6,35 (12,7)	6,35 (12,7)
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				

Кондиционеры сплит-систем состоят из двух блоков: внутреннего, устанавливаемого в помещении, и наружного, устанавливаемого вне охлаждаемого/обогреваемого помещения. Внутренний блок состоит из теплообменника, вентилятора, датчика комнатной температуры, измеряемой на входе в испаритель, датчика температуры испарителя, воздушного фильтра и электронной системы управления.

В наружном блоке находятся компрессор с докипателем, теплообменник (конденсатор), вентилятор охлаждения конденсатора,

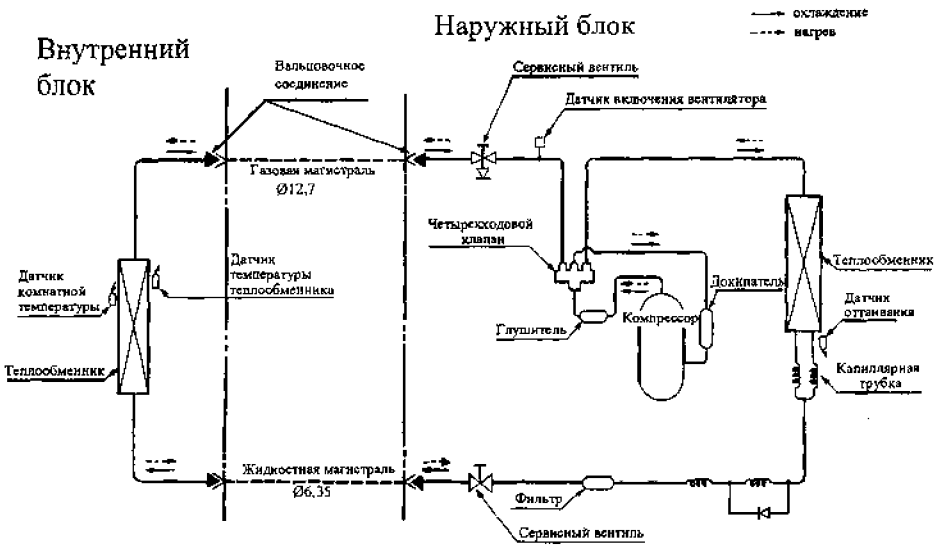
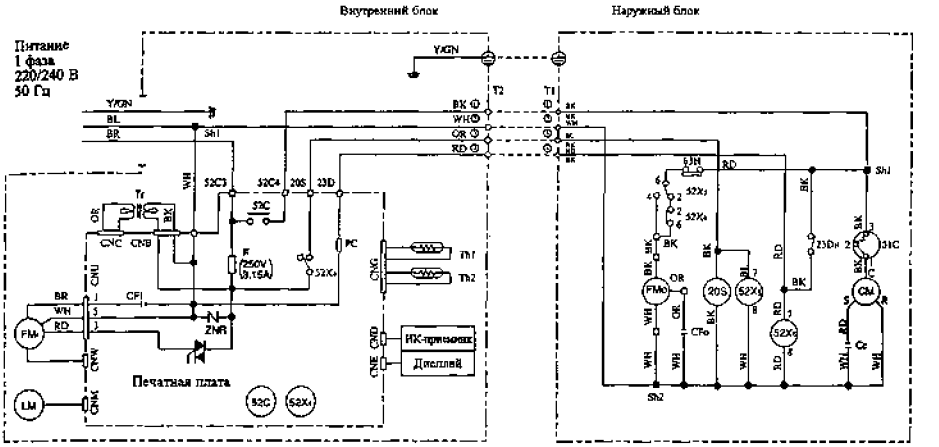


Рис. 5.3.2. Типовая гидравлическая схема бытового кондиционера

IBIK



Условные обозначения

Обозначение	Название	Обозначение	Название
Cc	Конденсатор электродвигателя компрессора	$Th_{1,2}$	Датчик комнатной температуры и внутреннего теплообменника
CF_i	Конденсатор электродвигателя вентилятора внутреннего блока	Tr	Трансформатор
CF_o	Конденсатор электродвигателя вентилятора наружного блока	ZNR	Варистор
CM	Электродвигатель компрессора	20S	Электромагнитная катушка четырехходового клапана
F	Предохранитель	51C	Защита электродвигателя компрессора
FM_i	Электродвигатель вентилятора внутреннего блока	52C	Магнитный пускатель компрессора
FM_o	Электродвигатель вентилятора наружного блока	$52X_{a,b}$	Реле
LM	Электродвигатель привода жалюзи	63H	Датчик высокого давления
PC	Оптронная пара (фотопреобразователь)	23DH	Датчик оттаивания

Рис. 5.3.3. Типовая электрическая схема бытового кондиционера

четырехходовой клапан. В некоторых моделях (например, SRK325HENF-L), в которых оттаивание конденсатора осуществляется в зависимости от его температуры, имеются датчики температуры конденсатора и датчики наружной температуры. Как видно из схемы (рис. 5.3.2), это холодильная машина с расширительным капиллярным устройством (капиллярная трубка). При переключении в режим теплового насоса подключается дополнительная капиллярная трубка. Направление потока хладагента изменяется с помощью четырехходового клапана.

Управление осуществляется с помощью дистанционного пульта с жидкокристаллическим индикатором и источником инфракрасного излучения (рис. 5.3.4). С пульта управления можно выполнить следующие действия:

- выбрать режим работы кондиционера (нагрев, охлаждение, осушка, вентиляция, экономичный, ночной или автоматический);
- задать температуру, которую необходимо поддерживать в помещении;
- выбрать скорость потока воздуха, выходящего из испарителя (как правило, 3 скорости);

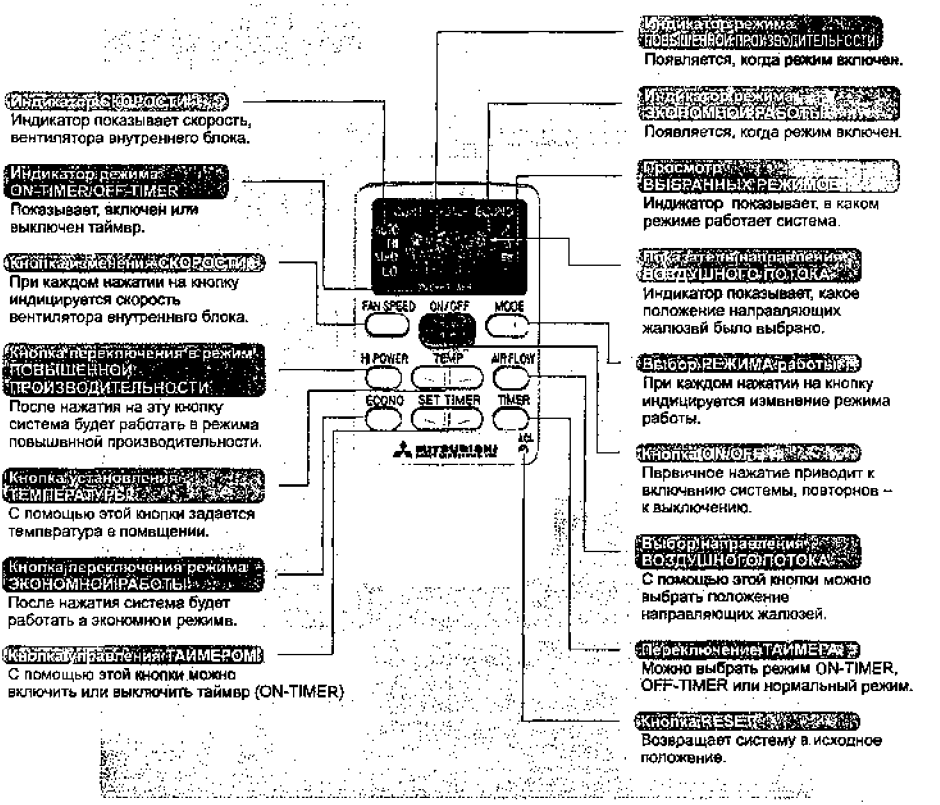


Рис. 5.3.4. Дистанционный пульт управления кондиционером типа SRK фирмы Mitsubishi Heavy Industries

- задать с помощью жалюзи направление потока воздуха (циклично меняющийся или в определенном направлении);
- установить время работы кондиционера с помощью суточного таймера;
- получить информацию о работе кондиционера или о причинах отказа (часть информации о состоянии кондиционера выводится также на информационный узел внутреннего блока).

Если пульт окажется неработоспособным (например, из-за некачественной батареи питания), то кондиционер можно включить с помощью кнопки, расположенной на информационном узле внутреннего блока.

5.3.2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

1. Холодопроизводительность

В бытовых кондиционерах MHI применяются ротационный и спиральные компрессоры. Диапазон холодопроизводительности, составляющий от 1,8 до 5,2 кВт, перекрывается 14 моделями кондиционеров (таблица 5.3.1).

IBIK

В кондиционерах с инверторным управлением минимальная холодопроизводительность составляет 0,9 кВт. Так, в модели SRK502Z-L холодопроизводительность может изменяться в диапазоне от 0,9 до 5,6 кВт, а теплопроизводительность — от 0,9 до 7,9 кВт.

2. Холодильный коэффициент бытовых кондиционеров составляет 2,5–3,5.

3. Автоматический режим управления

В автоматическом режиме кондиционер поддерживает в помещении температуру от 25 до 26 °С. Если температура в помещении меньше 21 °С, включается режим нагрева, при температуре от 21 до 26 °С — режим осушки, при температуре более 26 °С — режим охлаждения.

4. "Нечеткая логика" (Neuro&fuzzy logic)

Ощущение теплоты или прохлады является следствием не только температуры воздуха, но его влажности. Температура воздуха 26 °С и влажность 50–60 % считаются комфортными летом, тогда как температура 22 °С будет комфортной зимой. Однако даже температура 29 °С будет находиться в зоне комфортности, если влажность составляет 50%, тогда как эта же температура при влажности 70 % будет казаться высокой и вызывать ощущение "паркости". Для оценки совместного влияния температуры и влажности на ощущения дискомфорта введен индекс

$$D_1 = 0{,}72(t_c + t_{вл}) + 40{,}6\,, \qquad (5.3.1)$$

где t_c — температура сухого термометра;

$t_{вл}$ — температура влажного термометра.

Таблица 5.3.2. Таблица степени дискомфорта

Индекс дискомфорта D_1	Степень дискомфорта
70 или менее	Комфортно
70–75	Некоторые люди чувствуют себя некомфортно
75–80	50 % людей чувствуют себя некомфортно
80–85	Все чувствуют себя некомфортно
86 и более	Невыносимый дискомфорт

Для создания наиболее благоприятного микроклимата в помещении используется способ, получивший название "нечеткая логика" (Neuro&fuzzy logic). Данный способ заключается в использовании параметров PMV (Predicted Mean Voice — предсказанное усредненное голосование), определяющих для человека комфорт окружающей среды, исходя из величины индекса дискомфорта D_1. Система измеряет температуру в помещении и автоматически выбирает режим работы.

IBIK

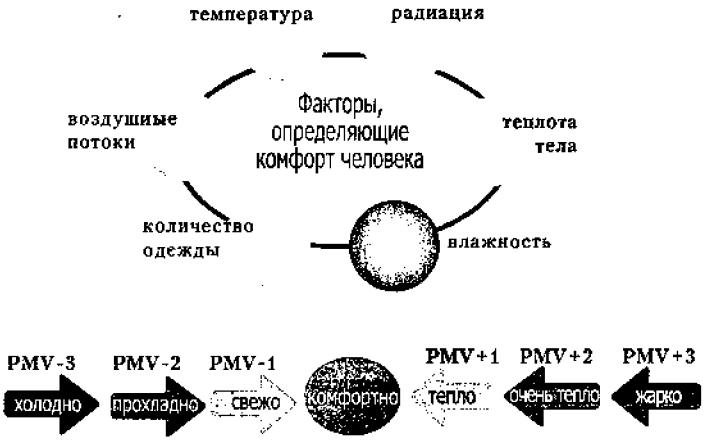


Рис. 5.3.5. Шкала величин PMV, определяющих комфорт окружающей среды

Выбор основывается на практическом анализе — за эталон берутся стандартные предпочтения людей, пользующихся системой. Величины (от 1 до 7) отражают уровни шести факторов, определяющих комфорт человека: температуру, влажность, интенсивность воздушных потоков, радиацию (солнечный свет, температура стен, потолка и т. д.), качество одежды и тепла тела (рис. 5.3.5).

Этот способ обеспечивает:

- изменение температуры в соответствии с санитарными нормами (отсутствие резкого перепада температур в помещении, допустимая скорость потока воздуха и др.);
- установку необходимой холодопроизводительности;
- выбор режима работы и установку температуры, исходя из температуры в помещении и температуры наружного воздуха;
- выбор оптимального (комфортного) распределения воздуха и интенсивности потока воздуха;
- минимальное время выхода на заданный режим;
- минимальный расход электроэнергии (на 20 % меньше, чем при стандартных методах регулирования).

5. Система энергосбережения

С целью сохранения тепла в помещении, сокращения времени выхода на заданный температурный режим и экономии электроэнергии в кондиционеры введены следующие функции.

Режим "Hot spurt" (горячая струя) обеспечивает быстрый выход на режим нагрева при первом включении кондиционера.

При циклическом режиме работы кондиционера компрессор работает до достижения температуры ($t_{уст}$+1) °С. После достижения данной температуры компрессор выключается минимум на 3 мин для выравнивания

IBIK

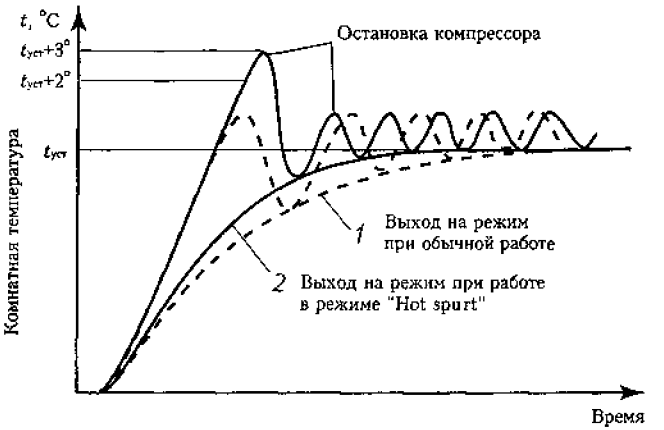


Рис. 5.3.6. График ускоренного выхода на заданный режим

давления между низконапорной и высоконапорной частью холодильной машины. При этом происходит изменение температуры воздуха вблизи датчика температуры (рис. 5.3.6) и изменение температуры в помещении.

Чтобы ускорить выход на заданный режим при первом включении кондиционера, компрессор выключается, когда температура в области расположения датчика достигает значения ($t_{уст}$+3) °С. В этом случае температура в помещении будет изменяться по кривой 2 и достигнет $t_{уст}$ быстрее, чем в обычном режиме (кривая1).

Режим "Hot start" (горячий старт) исключает поступление холодного воздуха в помещение в режиме обогрева.



Рис. 5.3.7. Циклограмма режима "Hot start"

При работе в режиме обогрева вентилятор внутреннего блока не включается до тех пор, пока температура теплообменника не достигнет 30 °С (рис. 5.3.7). При достижении этой температуры вентилятор начинает вращаться на низкой скорости (скорость 2), а при достижении 43 °С — со скоростью, установленной пользователем на пульте.

После остановки компрессора вентилятор вращается с установленной скоростью, пока температура теплообменника не снизится до 37 °С, а затем переходит на режим низкой скорости вращения до установления температуры теплообменника 20 °С, затем останавливается.

Режим "Hot keep" (сохранение тепла) позволяет сохранять тепло при выключении компрессора.

Эта функция применяется в двух случаях:

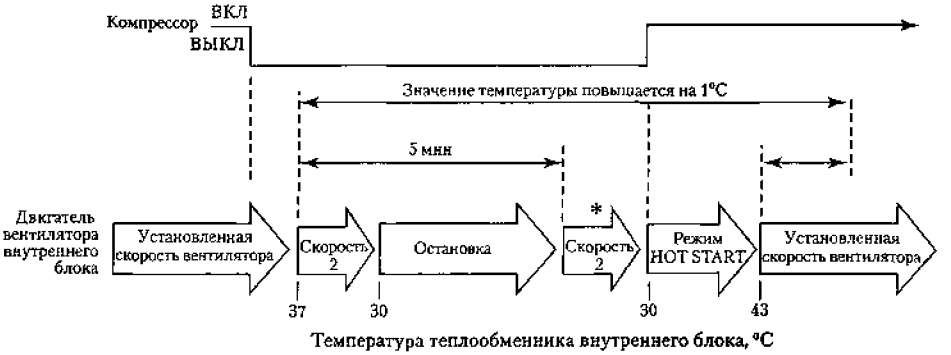


Рис. 5.3.8. Циклограмма режима сохранения тепла при остановке компрессора.
* только в режиме оттаивания

- при выключении компрессора в цикличном режиме нагрева;
- в режиме оттаивания.

В первом случае, когда температура в помещении достигает ($t_{уст}$+1 °С), компрессор останавливается, но вентилятор обдува внутреннего теплообменника продолжает работать до тех пор, пока температура внутреннего теплообменника не снизится до 37 °С (рис. 5.3.8). После этого вентилятор переходит на пониженную скорость (скорость 2) и вращается до снижения температуры внутреннего теплообменника до величины, меньшей или равной 30 °С. Затем вентилятор останавливается на 3–5 минут.

Во втором случае алгоритм вентилятора аналогичен, но процесс длится примерно 1 минуту (см. циклограмму режима оттаивания на рис. 5.3.9).

6. Оттаивание наружного теплообменника

В зимний период при работе в режиме обогрева на теплообменнике наружного блока может образовываться слой инея ("снеговая шуба"), который резко снижает эффективность теплообменника. Поэтому "снеговую шубу" необходимо периодически удалять. Удаление производится путем перевода кондиционера в режим охлаждения. Наружный теплообменник, исполняя функции конденсатора, нагревается и "снеговая шуба" тает. Однако внутренний теплообменник при этом охлаждается и может снизить температуру помещения, что нежелательно.

Чтобы исключить потери тепла, в начале и в конце режима оттаивания включается режим *"Hot keep"* (сохранение тепла), а оттаивание осуществляется в соответствии с циклограммой, приведенной на рис. 5.3.9.

При этом происходят следующие действия:

- переключается четырехходовой клапан;
- выключаются вентиляторы наружного и внутреннего блоков;
- закрываются жалюзи внутреннего блока.

Начало оттаивания определяется следующими условиями (или одним из них):

IBIK

Работа кондиционера в режиме оттаивания

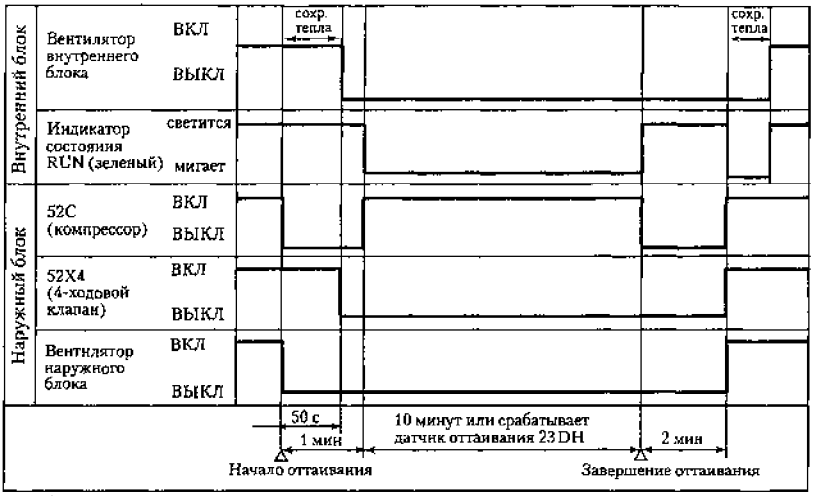


Рис. 5.3.9. Циклограмма режима оттаивания

- температура на поверхности наружного теплообменника снижается до 0 °С;
- температура точки росы наружного воздуха превышает температуру на поверхности испарителя;
- уменьшается разность температур между входящим воздухом и теплообменником внутреннего блока.

Повторное оттаивание включается не ранее, чем через 40 минут после окончания предыдущего. Завершение происходит через 7–10 минут, после чего кондиционер переключается в режим нагрева.

7. Форсированное оттаивание

При необходимости можно включить оттаивание с пульта. Так, для моделей SRK208, 288, 328 и 408 необходимо за 20 секунд установить на пульте следующие параметры:

- переключатель "ON-OFF" в положение "ON";
- скорость вентилятора в положение "Low";
- режим работы "HEAT" (нагрев);
- температуру "19";
- таймер в положение "ON";
- режим жалюзи в положение "SWING".

При таких условиях оттаивание будет длиться 10 мин или до срабатывания датчика 23DH.

Для моделей SRK418, 508 и 568 можно установить определенное время оттаивания. Для этого, помимо перечисленных выше операций, необходимо выставить длительность процесса оттаивания. Например, если при текущем времени "AM 4:00" выставить "OFF time – AM 4:30", то длительность режима оттаивания составит 30 минут.

IBIK

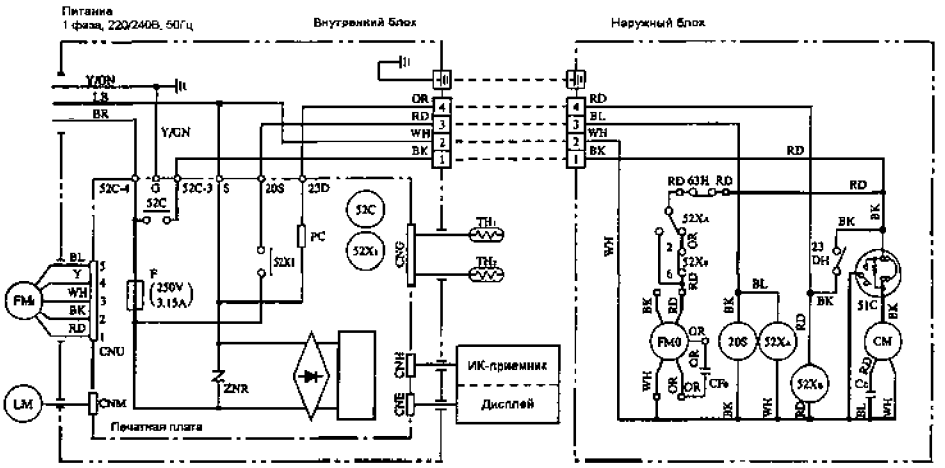


Рис. 5.3.10. Схема электрическая кондиционера SRK506

В кондиционерах SRK508HENF окончание оттаивания определяется достижением температуры наружного теплообменника 10–14 °С. Температура измеряется с помощью датчика 23DH (рис. 5.3.10).

8. Предотвращение конденсации влаги и обмерзания теплообменника внутреннего блока

Если температура теплообменника внутреннего блока опускается ниже 0 °С и компрессор при этом проработал более 10 минут, то для предотвращения образования инея на теплообменнике, компрессор будет периодически останавливаться, а скорость вентилятора уменьшаться.

Если компрессор работает непрерывно более 30 минут, то во избежание конденсации влаги увеличивается скорость вентилятора внутреннего блока.

9. Режим осушки помещения

При составлении алгоритма работы кондиционера в режиме осушки введено понятие диапазонов (блоков) температур (рис. 5.3.11). Опорной точкой выбрана разность между комнатной температурой и температурой, установленной пользователем на пульте управления.

$\Delta t_{oc} = t_{комн} - t_{уст}$.

Различают 4 диапазона температур:

А-диапазон, когда $\Delta t_{oc} > +3$ °С;

В-диапазон, когда $0 < \Delta t_{oc} < +3$ °С;

С-диапазон, когда $-2 < \Delta t_{oc} < 0$ °С;

D-диапазон, когда $\Delta t_{oc} < -2$ °С.

При включении стартового режима осушки производится измерение температуры и определение диапазона, в котором находится измеренная разность. В зависимости от температуры кондиционер будет работать по циклограмме, изображенной на рис. 5.3.11.

IBIK

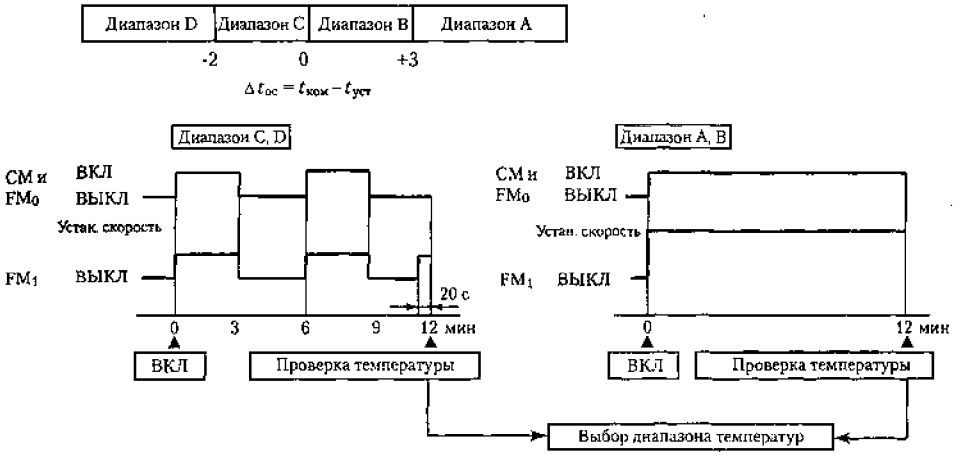


Рис. 5.3.11. Первичный цикл режима осушки

Через 8 мин вновь осуществляется измерение, и принимается решение о выборе алгоритма работы на следующие 8 мин (рис. 5.3.12).

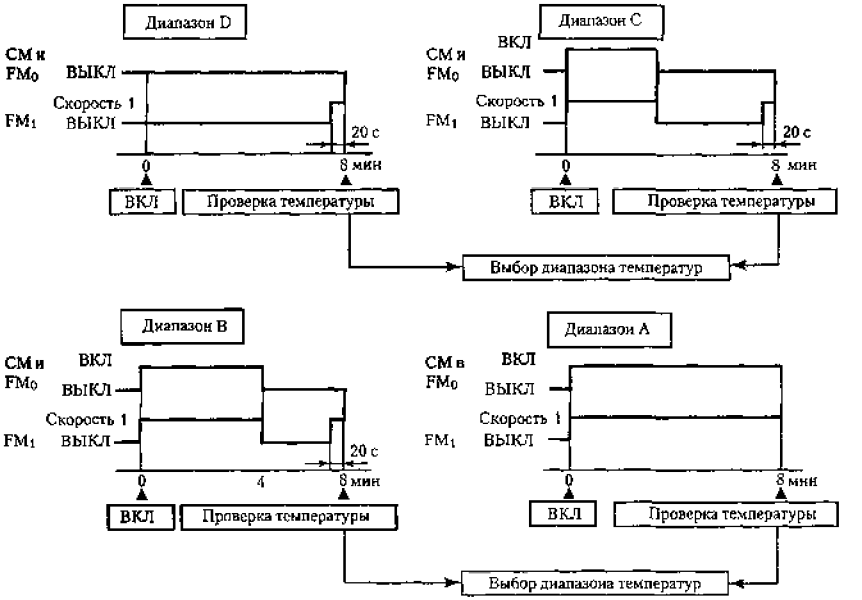


Рис. 5.3.12. Вторичный цикл режима осушки

10. Режим работы вентилятора внутреннего блока

Вентилятор внутреннего блока может работать на одной из 5 скоростей в зависимости от установленных пользователем режимов работы, как показано в таблице 5.3.3.

Таблица 5.3.3. Таблица скоростей вентилятора внутреннего блока

Режим / Положение переключателя скорости	Охлаждение	Нагрев	Вентилятор
AUTO		см. рис. 5.3.13	
LOW	скорость 2 [1]	скорость 3 [2]	скорость 2 [1]
MED	скорость 3 [2]	скорость 4 [3]	скорость 3 [2]
HIGH	скорость 4 [3]	скорость 5 [4]	скорость 4 [3]

В автоматическом режиме значение скорости устанавливается в соответствии с графиками, изображенными на рис. 5.3.13.

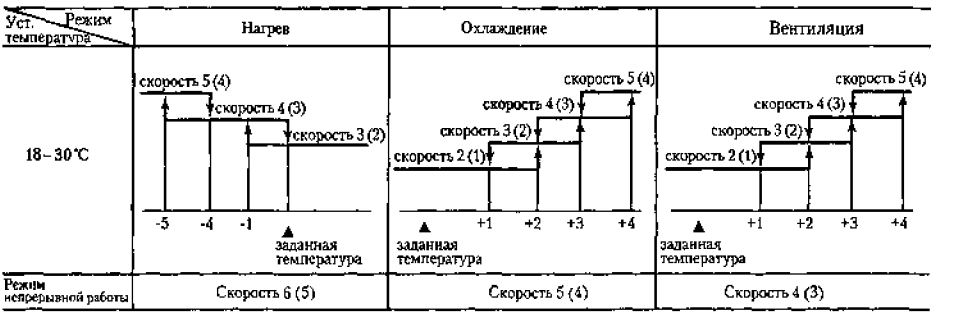


Рис. 5.3.13. График скоростей вентилятора внутреннего блока (автоматический режим)

11. Удаление влаги с внутреннего теплообменника в режиме охлаждения

Для удаления влаги с теплообменника внутреннего блока в режиме охлаждения выполняются следующие действия:

- выключается компрессор через 50 мин после включения;
- увеличивается скорость вращения вентилятора обдува внутреннего теплообменника.

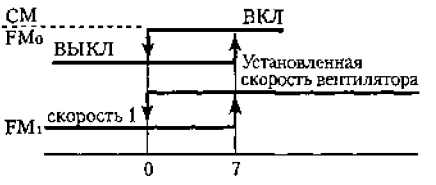


Рис. 5.3.14. Циклограмма режима оттаивания внутреннего теплообменника

С целью предупреждения обмерзания внутреннего теплообменника в режиме охлаждения и осушки при достижении температуры внутреннего теплообменника 0 °С выключаются компрессор, вентиляторы наружного и внутреннего теплообменников.

Компрессор не включается в течение 10 мин, но если температура внутреннего теплообменника достигнет 7 °С, компрессор включится, однако не раньше, чем через 3 мин (рис. 5.3.14).

12. Предварительное включение кондиционера

Если при выключенном кондиционере пользователь включает таймер и устанавливает время его включения, то за 1 ч до указанного времени и затем через каждые 15 мин будет происходить измерение температуры в помещении, чтобы определить, когда необходимо включить кондиционер, чтобы к заданному на таймере времени температура в помещении достигла установленного значения (табл. 5.3.4).

IBIK

Таблица 5.3.4. Время предварительного включения кондиционера

Режим работы	Датчик комнатной температуры (Th1)	Время предварительного включения (время, через которое включится кондиционер)
Нагрев	менее 5°С	60 минут
	менее 10°С	30 минут
	менее 15°С	15 минут
	более 15°С	5 минут
Охлаждение	более 40°С	60 минут
	более 35°С	30 минут
	более 30°С	15 минут
	менее 30°С	5 минут

В моделях SRC 208, 258, 328, 408 установлен 12-часовой отсчет времени с дискретностью 1 мин, в моделях SRC 418, 508, 568 — 24-часовой отсчет с дискретностью 1 мин.

13. Диапазон и точность поддержания температуры

Температура в помещении может быть задана пользователем в диапазоне от 18 до 30 °С. Компрессор и вентилятор наружного блока включаются в соответствии с алгоритмом, показанным на рис. 5.3.15.

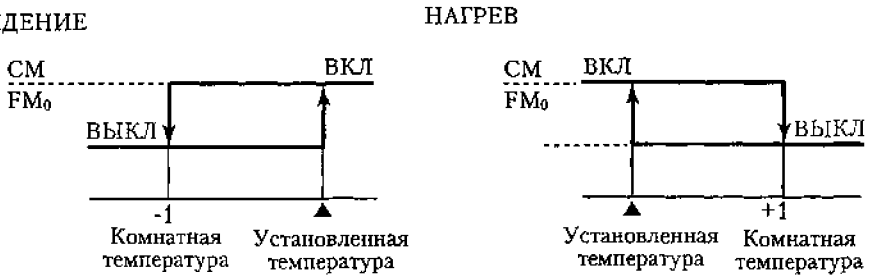


Рис. 5.3.15. Точность поддержания температуры в кондиционерах типа SRK

14. Алгоритм работы направляющих жалюзи

Существует три основных режима работы направляющих жалюзи внутреннего блока:

- автоматический режим;
- режим постоянного сканирования;
- режим постоянного направления.

Режим работы жалюзи выбирается последовательным нажатием кнопки "AIR FLOW".

В автоматическом режиме жалюзи устанавливаются под углом, оптимальным для каждого режима работы кондиционера. В режимах охлаждения и осушки жалюзи совершают колебания от горизонтального положения вниз на 70°, задерживаясь на 1–3 мин в горизонтальном положении.

В режиме обогрева жалюзи совершают колебательные движения. При достижении нижнего положения жалюзи останавливаются на 4 минуты. После достижения заданной температуры воздушный поток направляется горизонтально.

IBIK

Отказ датчика температуры наружного блока

Если датчик температуры наружного теплообменника через 3 и более секунды после включения кондиционера будет иметь сопротивление свыше 50 кОм, то зеленый индикатор "RUN" будет мигать с частотой 1 раз за 8 секунд, а желтый индикатор "TIMER" — светиться постоянно.

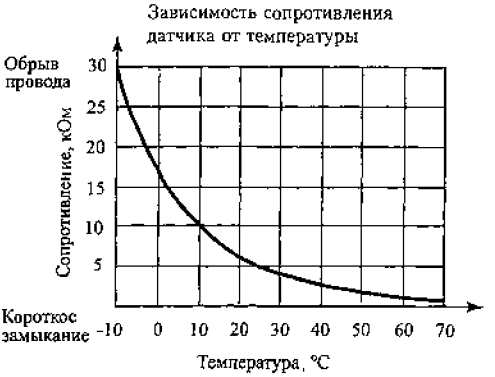
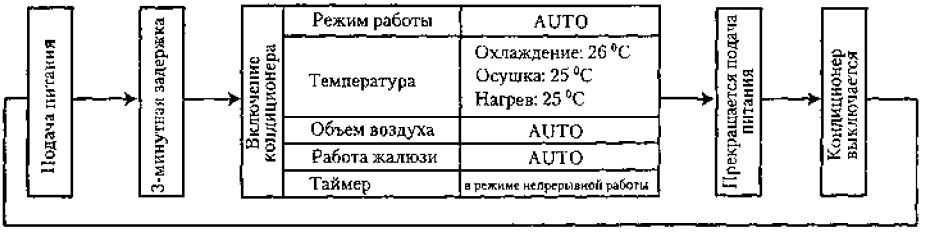


Рис. 5.3.17. Зависимость величины сопротивления датчика от температуры

16. Работа кондиционера при отключении питающего напряжения

При аварийном отключении питающего напряжения кондиционер выключается. Для продолжения работы пользователю необходимо

Тепловой насос



Кондиционер, работающий только на охлаждение

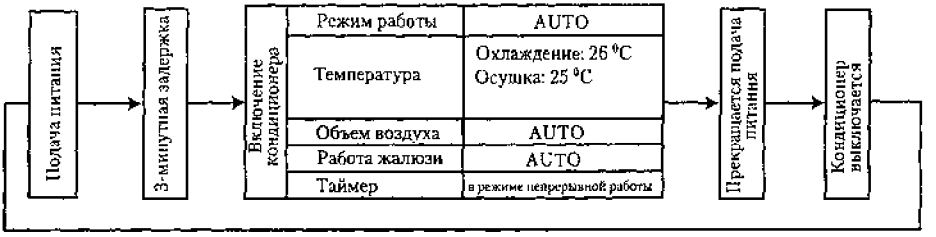


Рис. 5.3.18. Температуры, устанавливаемые в режиме автоматического включения (AUTO-restart)

запустить кондиционер повторно. Однако повторный запуск (рестарт) может быть произведен автоматически. Для этого необходимо в указанном месте печатной платы внутреннего блока установить диод с граничной рабочей частотой не ниже 30 МГц, соблюдая полярность (рис. 5.3.19). В некоторых кондиционерах удаляется перемычка (рис. 5.3.20).

После этого компрессор будет автоматически включаться, но только в автоматическом режиме (AUTO), поддерживая температуры, указанные на рис. 5.3.18, независимо от того, какой режим был установлен до отключения питания.

IBIK

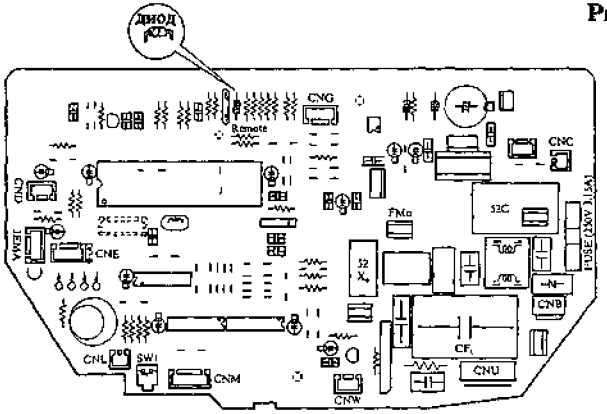


Рис. 5.3.19. Место установки диода для введения режима автоматического включеиия (AUTO-restart)

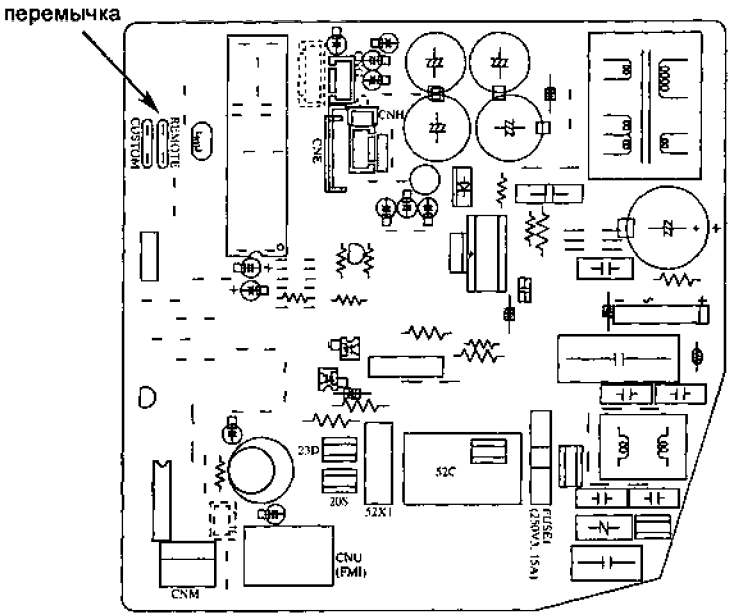


Рис. 5.3.20. Место удаления перемычки для введения режима автоматического включения (AUTO-restart)

17. Форсированный режим (HI POWER)

В этом режиме кондиционер работает непрерывно в течение 15 минут, независимо от установленного значения температуры. Вентилятор внутреннего блока работает на скорости 4.

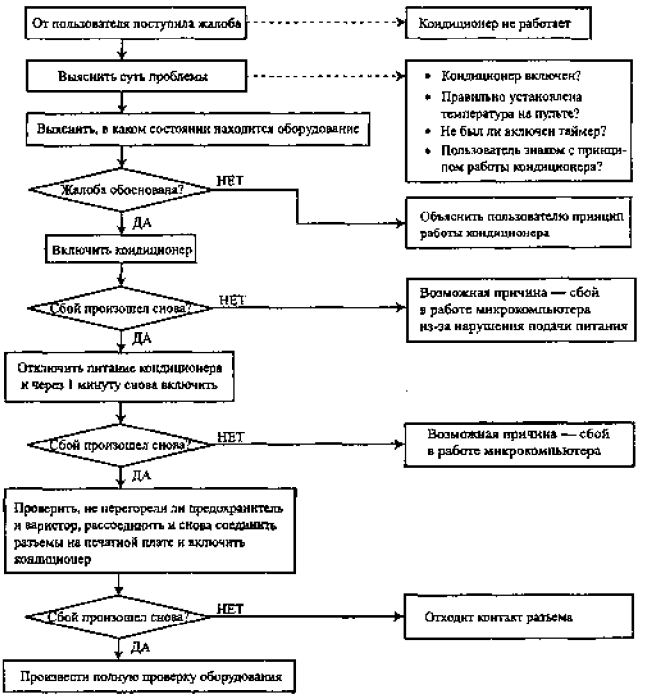
18. Экономичный режим (ECONO)

В режиме охлаждения и осушения температура в помещении будет поддерживаться на 2 °С выше установленного значения, вентилятор будет вращаться на скорости 1.

В режиме нагрева температура в помещении будет на 2 °С ниже установленного значения, вентилятор будет работать на скорости 2.

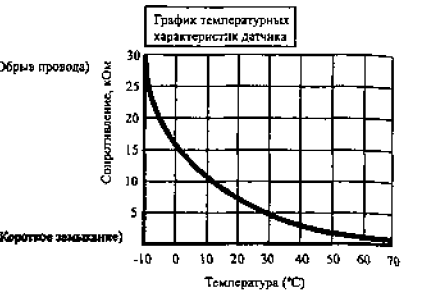
5.3.3 АЛГОРИТМЫ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

ПЕРВИЧНЫЙ АНАЛИЗ

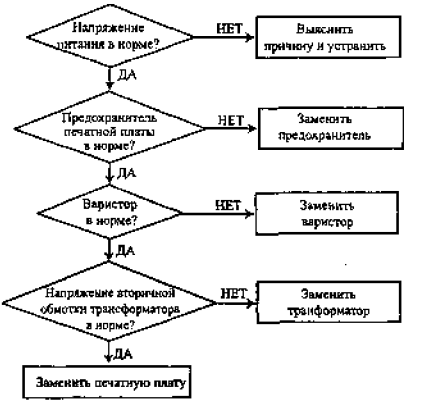


ОТКАЗ ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ (обрыв провода, отсутствует контакт)

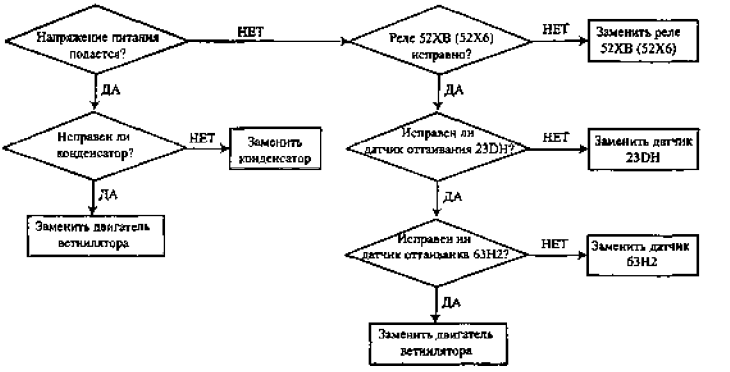




НЕ СВЕТИТСЯ ИНДИКАТОР НА ВНУТРЕННЕМ БЛОКЕ



НЕ РАБОТАЕТ ДВИГАТЕЛЬ ВЕНТИЛЯТОРА НАРУЖНОГО БЛОКА (проверить в режиме охлаждения)



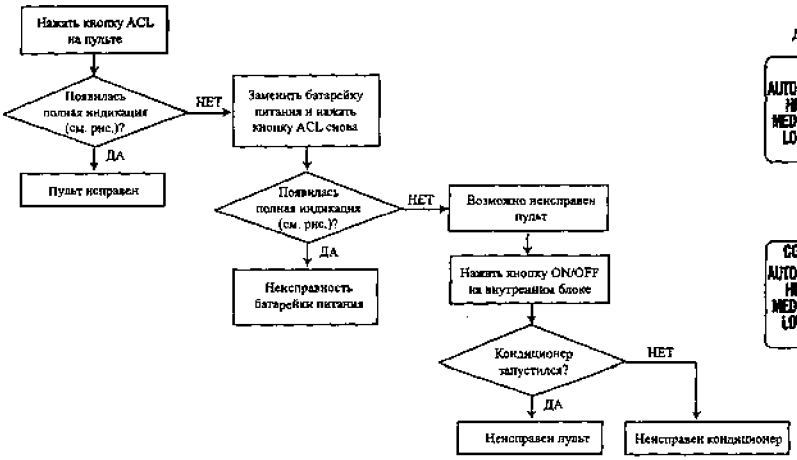
IBIK

ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДАТЧИКА КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ (TH1), ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛООБМЕННИКА (TH2) И ДАТЧИКА ОТТАИВАНИЯ (23DH)

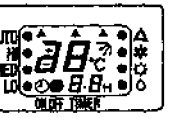
Блок	Датчик температуры	Режим	Признаки	
			Короткое замыкание	Обрыв провода
Внутренний блок	**Датчик комнатной температуры (Th1), если он не установлен в режиме непрерывной работы (CONT)**[1]	Охлаждение	Непрерывная работа на охлаждение: • датчик не включает/не выключает кондиционер; • двигатель вентилятора (FM1) работает в автоматическом режиме (AUTO) на высокой скорости (Hi).	Не работает на охлаждение: • FM1 работает непрерывно; • двигатель компрессора (CM), FM0 выключены.
		Обогрев	Не работает на обогрев (CM, FM0, FM1 выключены)	Непрерывная работа на охлаждение: • датчик не включает/не выключает кондиционер; • двигатель вентилятора (FM1) работает в автоматическом режиме (AUTO) на высокой скорости (Hi).
	Датчик температуры теплообменника (Th2)	Охлаждение	Не работает на охлаждение	Работает на охлаждение: • срабатывает защита от замораживания; • после каждых 10 минут работы выключается на 3 минуты.
		Обогрев	Не работает на обогрев: • срабатывает защита от перегрева; • двигатель вентилятора (FM1) работает в автоматическом режиме (AUTO) на высокой скорости (Hi); • CM, FM0 выключены.	Работает на обогрев со сбоями: • CM, FM0выключены; • FM1 выключен; • светится индикатор режима «Сохранение тепла».
Наружный блок	Датчик оттаивания (23DH)	Охлаждение	Не работает на охлаждение (перегрел выключатель); • CM, FM1 включены; • FM 0 выключен.	Не влияет
		Обогрев	Работает на обогрев со сбоями (оттаивание производится нормально, однако невозможно сбросить значения датчика 23DH. Оттаивание производится каждые 10 минут).	Работа на обогрев: • невозможно произвести оттаивание;[2] • при низкой наружной температуре работает непродолжительное время.

Примечания:
[1] Если датчик установить в режиме непрерывной работы (CONT), то кондиционер начнет непрерывно работать в режиме охлаждения или обогрева.
[2] Оттаивание не включится, так как контакты датчика 23DH разомкнуты и кондиционер работает в режиме обогрева.

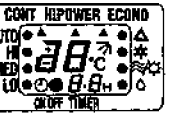
ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ



Для моделей 40



Для моделей 50, 56



5.4. БЫТОВЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

5.4.1. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНДИЦИОНЕРОВ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

1. Плавная регулировка производительности

В кондиционерах типа SRK-Z концерна Mitsubishi Heavy Industries необходимая производительность поддерживается путем изменения частоты, с которой вращается двигатель компрессора. Вместо периодических запусков и остановок компрессор работает непрерывно, но с переменной скоростью, благодаря чему изменяется производительность, и в помещении поддерживается постоянная температура.

Изменение скорости вращения двигателя компрессора происходит путем изменения частоты напряжения питания двигателя, для чего используется специальный преобразователь (инвертор).

Инверторное управление имеет следующие преимущества:

- в процессе регулировки производительности исключаются циклы включения/выключения компрессора;

Таблица 5.4.1. Технические характеристики кондиционеров типа SRK-Z

Параметры \ Модель			SRK25GZ-L1 [SRC25GZ-L1]	SRK35GZ-L1 [SRC35GZ-L1]	SRK502Z-L1 [SRC502Z-L1]
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц		
Холодопроизводительность	ISO-A	Вт	2500 (900–3000)	3650 (900–3900)	5000 (900–5600)
Теплопроизводительность	ISO-A	Вт	3400 (900–4100)	4800 (900–6100)	6700 (900–7900)
Уровень звуковой мощности	Внутренний блок	дБ	38 (46)	39(46)	43 (48)
	Наружный блок	дБ	39 (49)	42 (47)	43 (48)
Габаритные размеры (высота × ширина × глубина)	Внутренний блок	мм	250×750×178	275×790×174	275×790×189
	Наружный блок	мм	540×645×245	542×795×255	595×720×290
Масса нетто	Внутренний блок	кг	7,5	8	9
	Наружный блок	кг	28	35	36
Тип хладагента/ масса		кг	R22/0,64	R22/1,1	R22/1,24
Расход воздуха	Внутренний блок	$м^3$/мин	7,0	7,0	10,0
	Наружный блок	$м^3$/мин	7,5	10	10,5
Мощность электродвигателя	Внутренний блок	Вт	18	16	–
	Наружный блок	Вт	750	750	1500
Трубопровод для хладагента	Диаметр, мм (дюйм)		6,35(1/4") 9,52 (3/8")	6,35(1/4") 12,7 (1/2")	6,35(1/4") 12,7 (1/2")
	Способ соединения		Вальцовочное соединение		

IBIK

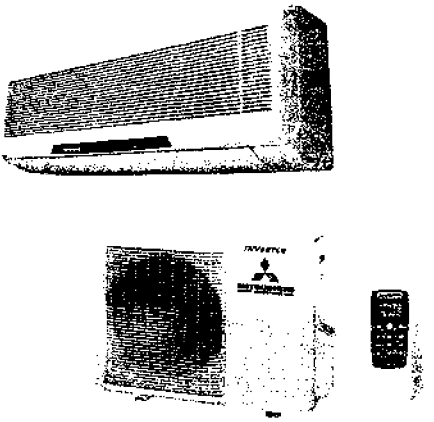


Рис. 5.4.1. Внешний вид кондиционеров SRK25/35ZB-S фирмы Mitsubishi Heavy Industries

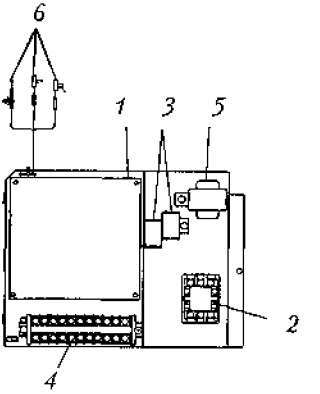


Рис. 5.4.2. Электронный блок управления компрессором (инверторный преобразователь):
1 – блок инверторного преобразователя;
2 – электромагнитный пускатель;
3 – электрические конденсаторы;
4 – клеммная колодка;
5 – трансформатор; *6* – выводы

- диапазон изменения холодопроизводительности одного кондиционера составляет от 0,9 до 5,6 кВт и теплопроизводительности – от 0,9 до 7,9 кВт;
- пусковые токи уменьшаются до значений меньше рабочих;
- уменьшается износ механических деталей компрессора;
- увеличивается надежность и срок службы кондиционера;
- повышается точность поддержания температуры в помещении;
- обеспечивается быстрый выход на заданный температурный режим;
- повышается качество системы управления и защиты кондиционера.

Таблица 5.4.2. Частота питающего напряжения двигателя компрессора кондиционеров SRK-Z

Выбор скорости потока \ Модель		SRK25GZ-L1	SRK35GZ-L1	SRK502Z-L
AUTO	Частота	34–100 Гц	34–100 Гц	14–150 Гц
	Скорость потока воздуха	зависит от частоты	зависит от частоты	зависит от частоты
HI	Частота	34–110 Гц	34–110 Гц	14–150 Гц
	Скорость потока воздуха	скорость 5–6	скорость 5–7	скорость 6–8
MED	Частота	34–80 Гц	34–94 Гц	14–110 Гц
	Скорость потока воздуха	скорость 5	скорость 5	скорость 4–7
LO	Частота	34–50 Гц	34–58 Гц	14–50 Гц
	Скорость потока воздуха	скорость 3–4	скорость 5	скорость 2–5

IBIK

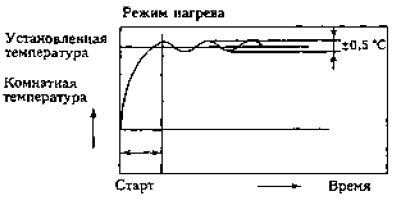


Рис. 5.4.3. Точность поддержания температуры в помещении кондиционером SRK-Z

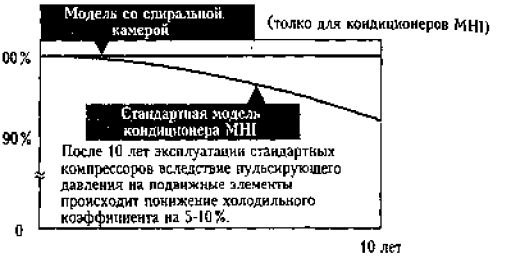


Рис. 5.4.4. Изменение холодильного коэффициента компрессоров различных типов

Изменение частоты напряжения, подаваемого на двигатель компрессора, осуществляется с помощью инверторного преобразователя (рис. 5.4.2). Изменение частоты может осуществляться в диапазоне от 14 до 150 Гц (табл. 5.4.2). Это позволяет поддерживать температуру в помещении с точностью 0,5 °С (рис. 5.4.3).

2. Применение спирального компрессора

В ряде кондиционеров этой серии применяется спиральный компрессор (DD-scroll), который обеспечивает постоянное (не пульсирующее) давление нагнетания, большой пусковой момент двигателя, стабильные параметры на протяжении 10–15 лет работы.

Холодильный коэффициент спиральных компрессоров практически не изменяется за 10 лет эксплуатации (рис. 5.4.5).

3. Расширенный диапазон скоростей вентилятора внутреннего блока

Если кондиционер включен в режиме непрерывной работы, то частота вращения вентилятора внутреннего блока будет определяться текущей производительностью.

Несмотря на то, что на пульте пользователь может выбрать одну из трех условных скоростей вентилятора, фактически может быть 7–8 скоростей, которые выбираются автоматически в зависимости от внешних факторов.

Так, в режиме "HOT KEEP" у кондиционеров типа SRK25GZ и SRK35GZ может быть 7 скоростей (рис. 5.4.5), а у кондиционеров SRK502Z-L — 8 скоростей, устанавливаемых в зависимости от температуры внутреннего теплообменника (рис. 5.4.6).

4. Особенности режима осушки

Осушка воздуха в помещении производится двумя способами: установкой на пульте автоматического режима работы либо выбором режима осушки.

IBIK

В автоматическом режиме через 30 секунд после включения кондиционера определяется температура воздуха в помещении и вне помещения, после чего выбирается необходимый режим работы в соответствии с диаграммой на рис. 5.4.7.

В режиме осушки за счет использования инверторного управления скоростью двигателя компрессора оптимизируется алгоритм работы кондиционера.

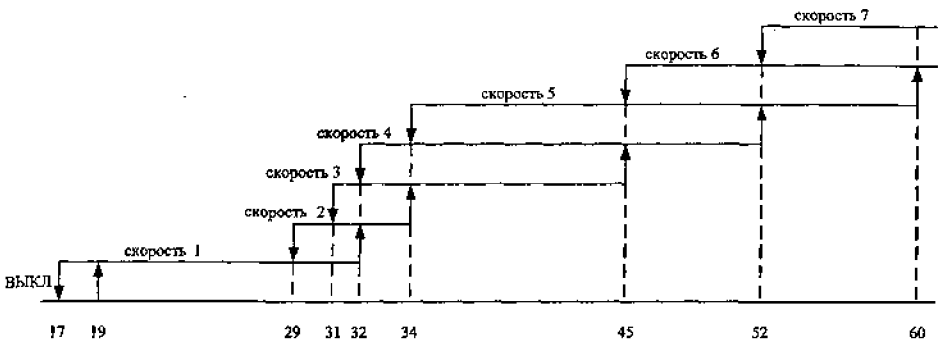


Рис. 5.4.5. Изменение скорости вентилятора внутреннего блока кондиционеров SRK25(35)Z

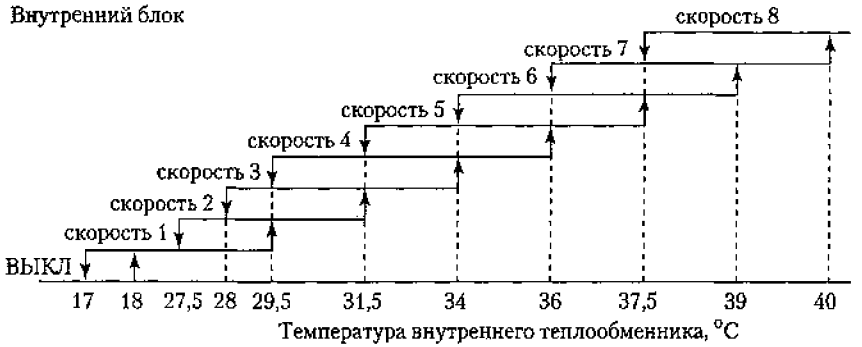


Рис. 5.4.6. Изменение скорости вентилятора внутреннего блока кондиционеров SRK502Z-L

Так, в течение первых 20 секунд после включения кондиционера происходит измерение разности между комнатной и установленной температурами

$$\Delta t_{oc} = t_{комп} - t_{уст}.$$

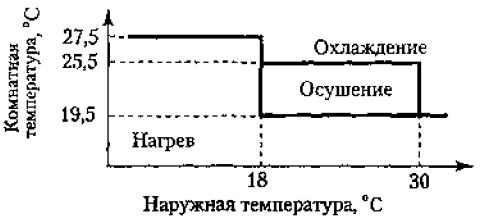


Рис. 5.4.7. Диаграмма выбора режима работы

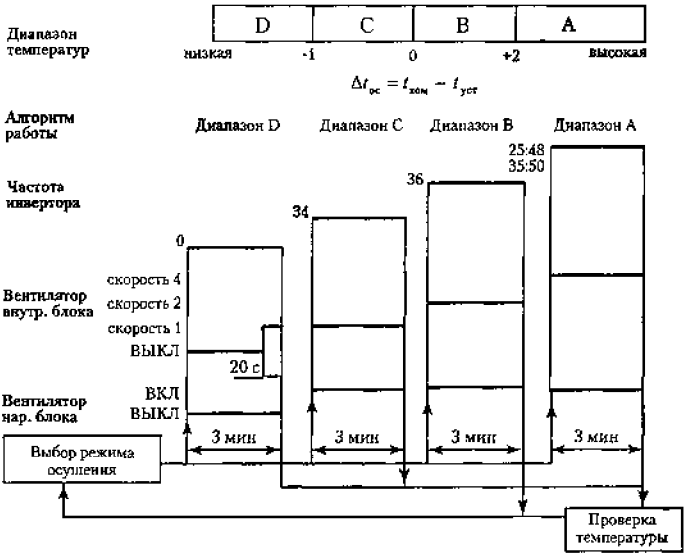


Рис. 5.4.8. Циклограмма режима осушки для кондиционера SRK28 GZ

Если $\Delta t_{oc} \le -3$ °С, то включается режим обогрева помещения, а если $\Delta t_{oc} \ge -3$ °С,— режим охлаждения. Величина Δt_{oc} измеряется каждые три минуты, и в зависимости от ее значения выбирается соответствующий алгоритм работы кондиционера.

В кондиционерах SRC25, 28, 35GZ запрограммированы 4 диапазона значений Δt_{oc} (A, B, C и D), в соответствии с которыми выбирается скорость вращения вентилятора внутреннего блока и холодопроизводительность (частота инвертора) кондиционера (рис. 5.4.8).

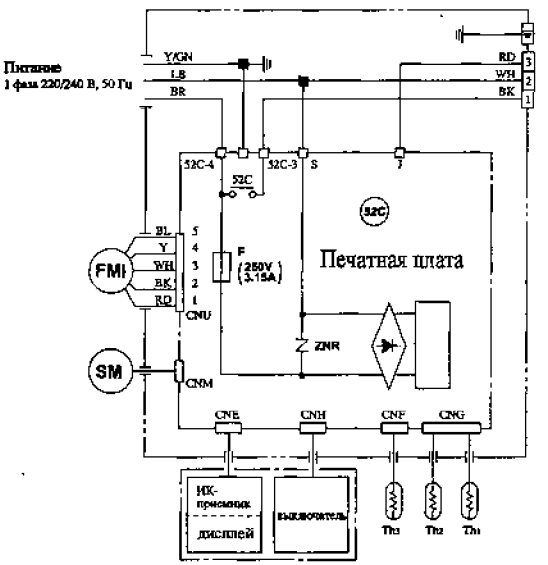


Рис. 5.4.9. Схема электрическая внутреннего блока кондиционера SRK502Z-L (Th1 – датчик влажности)

В кондиционере RK502Z-L используются данные датчика влажности воздуха в помещении Th1 (рис. 5.4.9). В связи с этим установлено 7 диапазонов значения Δt_{oc} и, соответственно, 7 различных алгоритмов работы ондиционера (рис. 5.4.10).

Если состояние температуры (влажности) будет соответствовать диапазону А, то в течение трех последующих минут вентилятор наружного блока будет

IBIK

включен, вентилятор внутреннего блока будет вращаться со скоростью 4, а на двигатель компрессора будет подаваться напряжение частотой 25–45 Гц.

Алгоритм работы кондиционера SRK502Z-L в режиме осушки более сложный (рис. 5.4.10).

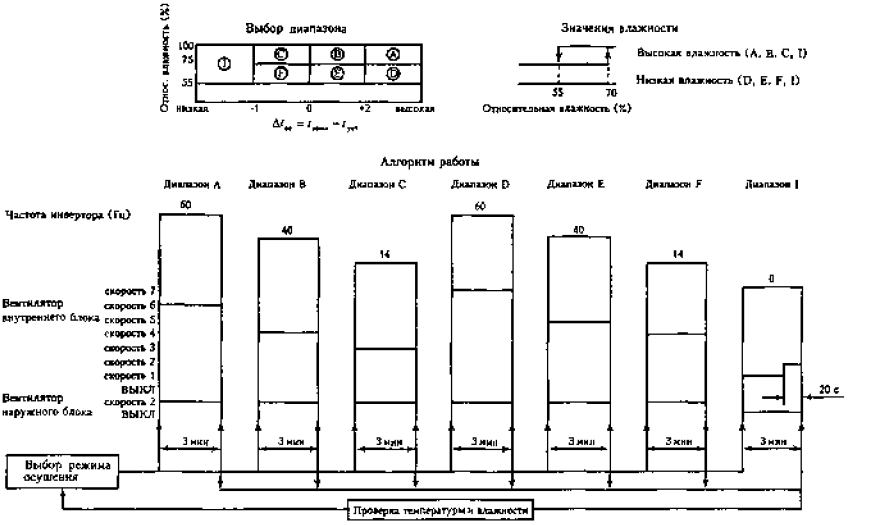


Рис. 5.4.10. Режим осушки в кондиционере SRK502Z-L

5. Оттаивание теплообменника внутреннего блока

Если температура теплообменника внутреннего блока снизится до 2,5 °С или кондиционер проработает более 10 мин, компрессор и вентилятор наружного блока остановятся, а вентилятор внутреннего блока будет вращаться на второй скорости до повышения температуры теплообменника внутреннего блока до 8 °С.

6. Использование инверторного управления в системе защиты кондиционера

Защита при низких оборотах компрессора

При частоте питающего напряжения компрессора ниже 25–28 Гц в компрессор попадает недостаточно масла. При снижении частоты до этой величины поступает команда на увеличение ее значения в течение 20 с (одной минуты) до 30 (60)* Гц. При этом скорость вентилятора внутреннего блока не изменяется.

* В скобках указаны значения для моделей SRK25,35

IBIK

Защита при низких значениях тока двигателя компрессора

Ток компрессора измеряется датчиком, расположенным на плате наружного блока. Если частота питающего напряжения компрессора будет ниже 18 (40) Гц, то компрессор сразу же остановится. При этом начнет мигать красный индикатор "RUN" с частотой 3 раза за 8 с. Через 3 мин компрессор снова включится и, если частота питающего напряжения не превысит 18 (40) Гц, снова остановится. После трех попыток система защиты отключит кондиционер от сети полностью.

Защита от перегрева компрессора

Если температура головки компрессора превышает нормальную температуру (90–95 °С), контроллер снижает частоту питающего напряжения компрессора на 4 Гц каждые 3 минуты до тех пор, пока температура не снизится до нормальной (рис. 5.4.11). При температуре головки компрессора 105–125 °С частота питающего напряжения компрессора снижается на 4 Гц каждые 20 с, пока не снизится до 22 Гц в режиме охлаждения или 38 Гц в режиме нагрева.

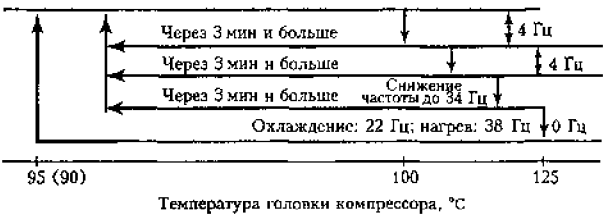


Рис. 5.4.11. Циклограмма защиты компрессора кондиционера SRK-Z от перегрева

При температуре головки компрессора 125 °С компрессор выключается, и красный индикатор RUN начинает мигать с частотой 5 раз за 8 с.

Защита от превышения давления нагнетания в режиме нагрева

Если датчик температуры на внутреннем теплообменнике зафиксирует температуру более 47,5 °С (для SRK50 — более 49,5 °С), то частота вращения компрессора будет уменьшаться на 8 Гц каждые 6 мин, пока система не вернется в нормальное состояние (рис. 5.4.12). В диапазоне температур от 55 °С до 65 °С частота будет изменяться на 8 Гц каждые 20 с.

7. Применение экологически чистых хладагентов

В кондиционерах SRK25(35)ZB-S (табл. 5.4.3) применяется экологически чистый хладагент R410A, являющийся неазеатропной смесью хладагента R32 (50 %) и хладагента R125 (50 %).

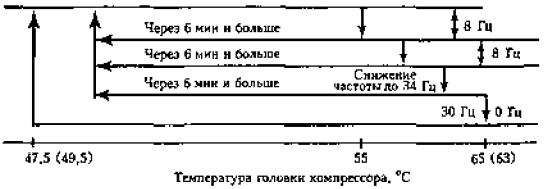


Рис. 5.4.12. Циклограмма защиты компрессора кондиционера SRK-Z при превышении давления нагнетания

IBIK

Таблица 5.4.3. Технические характеристики кондиционеров SRK25ZB-S и SRK35ZB-S

Параметры / Модель				SRK25ZB-S / SRC25ZB-S (внутр. бл.)/(наружн.бл.)	SRK35ZB-S / SRC35ZB-S (внутр. бл.)/(наружн. бл.)
Источник питания				1 фаза, 220/230/240 В, 50 Гц	
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)		кВт	2,5 (0,9–3,0)	3,5 (0,9–3,9)
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)		кВт	3,4 (0,9–4,1)	4,5 (0,9–6,1)
Потребляемая мощность (охлаждение)			Вт	780 [300–934]	1095 [330–1218]
Потребляемая мощность (обогрев)			Вт	945 [290–1380]	1250 [330–1850]
Холодильный коэффициент (охлаждение)				3,21–4,0	3,2–5,2
Уровень звука	охлаждение	звуковое давление	дБ (А)	Hi:39 Lo:28/44	Hi:44 Lo:29/48
		звуковая мощность	дБ (А)	Hi:53 Lo:42/58	Hi:58 Lo:43/62
	нагрев	звуковое давление	дБ(А)	Hi:41 Lo:24/47	Hi:45 Lo:28/50
		звуковая мощность	дБ(А)	Hi:55 Lo:38/61	Hi:59 Lo:42/64
Габаритные размеры (высота × ширина × глубина)			мм	275×790×174/595×720×290	298×815×241/640×850×290
Вес нетто			кг	9,0/37	10/44
Хладагент тип: масса			кг	R410A:0,95	R410A:1,20
Расход воздуха	охлаждение		$м^3/ч$	450/620	690/2340
	обогрев		$м^3/ч$	570/1620	840/2340
Мощность, потребляемая двигателем вентилятора			Вт	27/18	27/35
Мощность, потребляемая двигателем компрессора			кВт	0,75	
Трубы для хладагента	размер		мм (дюйм)	для жидкости: Ø6,35 (1/4")	для газа: Ø9,52 (3/8")
	способ соединения			вальцовочное соединение	

Отличительные особенности кондиционеров SRK25(35)ZB-S:

- высокий холодильный коэффициент, равный 3,0–5,2;
- низкий уровень звука;
- наличие электронного терморегулирующего вентиля;
- наличие датчика температуры нагнетания;
- увеличенное число параметров, проверяемых системой самодиагностики;
- увеличенное число параметров, охваченных системой защиты.

На рис. 5.4.13 приведена гидравлическая схема кондиционеров SRK25(35)ZB-S, а на рис. 5.4.14 — электрическая схема.

Важно!

Кондиционеры SRK25(35)ZB-S заправлены неазеатропным хладагентом на максимальную длину фреоновой магистрали (15 метров). Однако при необходимости новой заправки следует соблюдать все правила, предусмотренные для неазеатропных хладагентов.

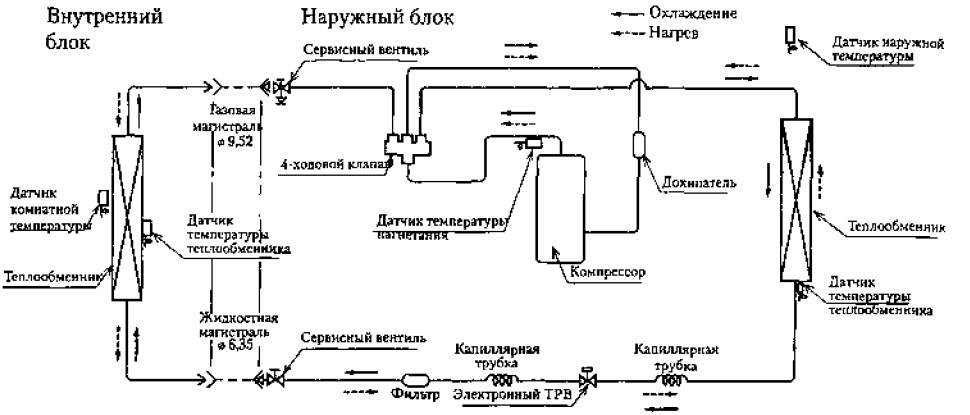


Рис. 5.4.13. Схема гидравлическая кондиционеров SRK25(35)ZB-S

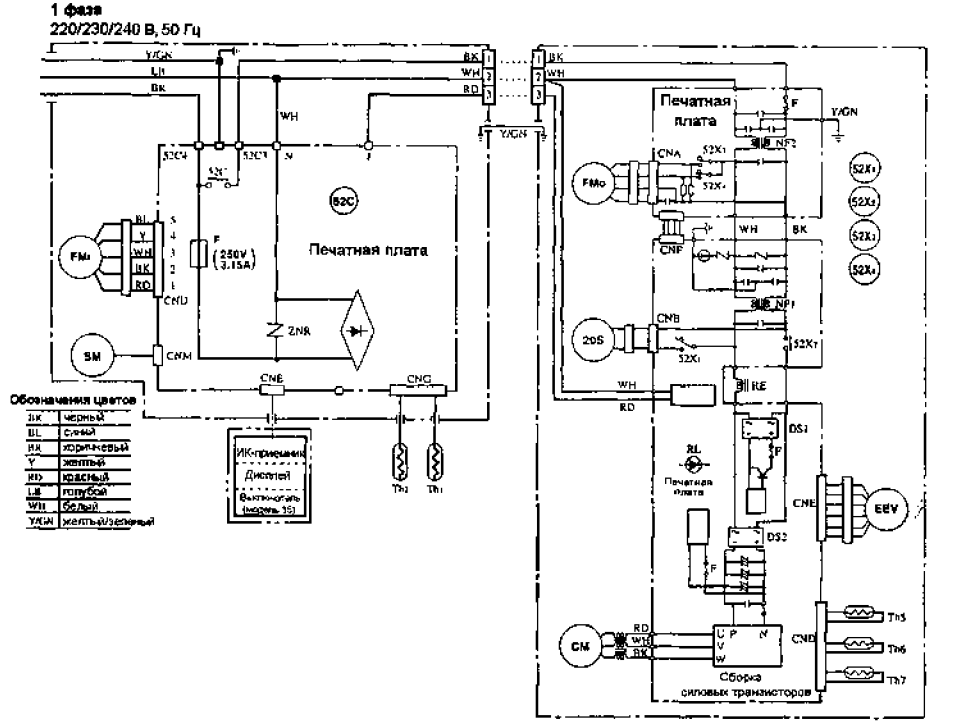


Рис. 5.4.14. Схема электрическая кондиционеров SRK25(35)ZB-S

5.4.2. ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

5.4.2.1. ОТОБРАЖЕНИЕ ВИДА НЕИСПРАВНОСТИ СИСТЕМОЙ САМОДИАГНОСТИКИ

В таблице 5.4.4 приведены возможные неисправности кондиционеров SRK25(35)ZB-S и их индикация системой самодиагностики.

Таблица 5.4.4. Отображение данных самодиагностики на внутреннем блоке кондиционера SRK-ZB

	Индикатор «RUN»	Индикатор на наружном блоке	Неисправность	Причина	Условия срабатывания
Индикатор «TIMER» светится постоянно	Мигает 1 раз[1]	ВЫКЛ	Отказ датчика температуры теплообменника	Обрыв провода температурного датчика, отсутствует контакт	Датчик фиксирует температуру теплообменника –20 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается)
	Мигает 2 раза	ВЫКЛ	Отказ датчика комнатной температуры	Обрыв провода датчика комнатной температуры, отсутствует контакт	Датчик фиксирует температуру теплообменника –20 °С и ниже в течение 3 мин после остановки холодильной машины (во время работы не отображается)
	Мигает 6 раз	ВЫКЛ	Отказ двигателя вентилятора внутреннего блока	Неисправность двигателя вентилятора, отсутствует контакт	При работающем кондиционере скорость двигателя вентилятора внутреннего блока в течение 30 с не достигает 300 об/мин. (Кондиционер выключается)
Индикатор «RUN» мигает постоянно	Мигает 1 раз	ВЫКЛ	Отказ датчика наружной температуры	Обрыв провода датчика наружной температуры, неисправность датчика	Датчик наружной температуры фиксирует значения –40 °С и ниже в течение 3 мин после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается)
	Мигает 2 раза	ВЫКЛ	Отказ датчика температуры теплообменника в наружном блоке	Обрыв провода датчика температуры теплообменника, отсутствует контакт	На входе теплообменника фиксируется температура –50 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается)
	Мигает 4 раза	ВЫКЛ	Отказ датчика температуры нагнетательного патрубка компрессора	Обрыв провода датчика температуры нагнетательного патрубка, отсутствует контакт	Компрессор не вращается в течение 3 мин или в течение 10 с отсутствует ток датчика температуры (компрессор выключается)

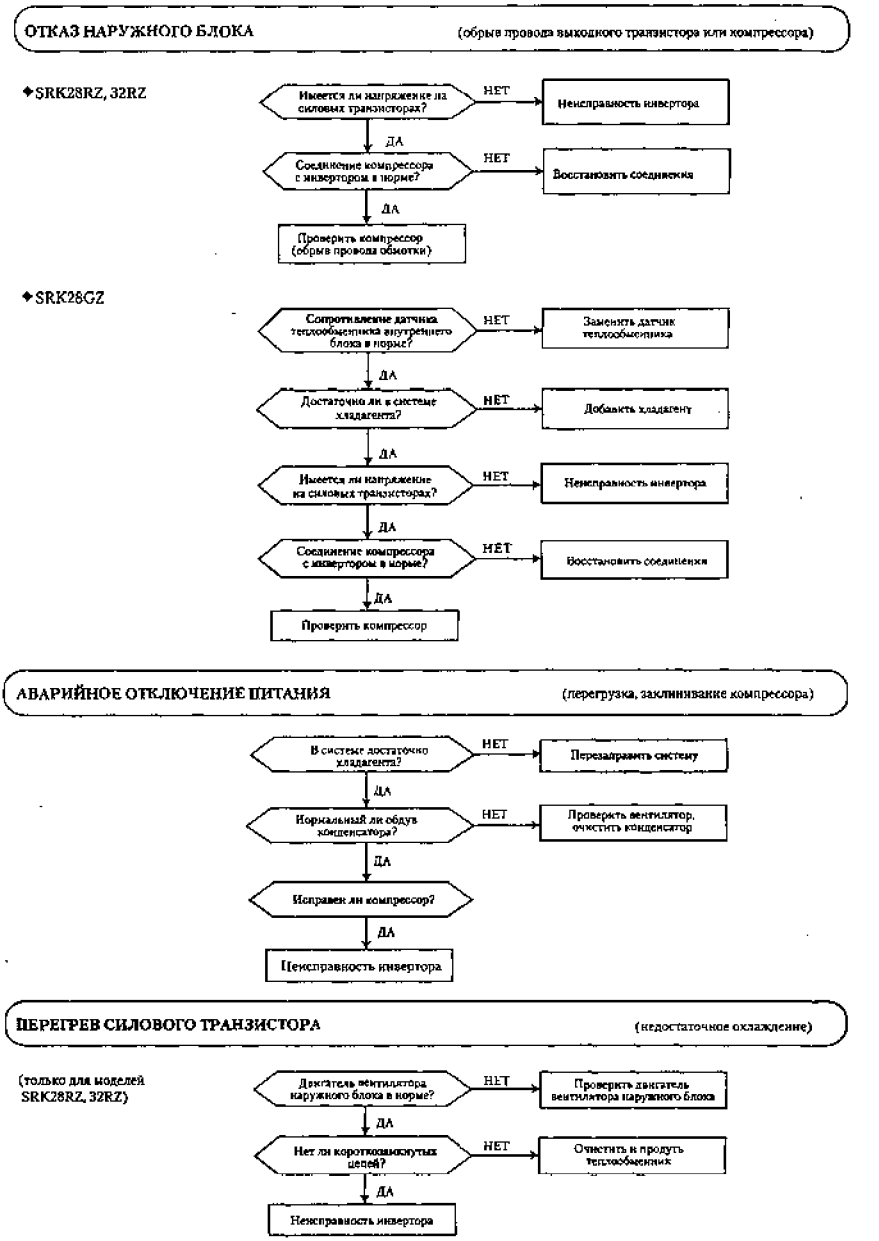
Индикатор «TIMER»

[1] Мигание "*n*" раз означает мигание индикатора "*n*" раз за период 8 с.

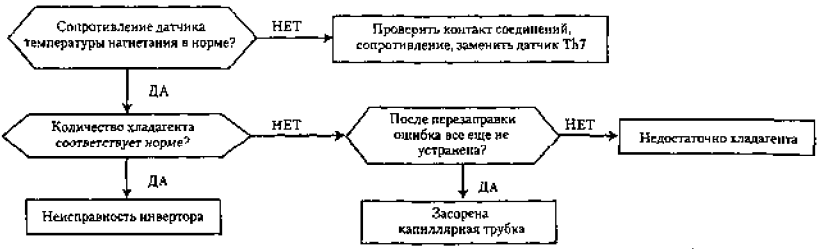
IBIK

5.4.2.2. АЛГОРИТМЫ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

После определения характера неисправности системой самодиагностики или в случае полного отказа кондиционера дальнейший поиск и устранение неисправности следует осуществлять по представленным ниже алгоритмам.

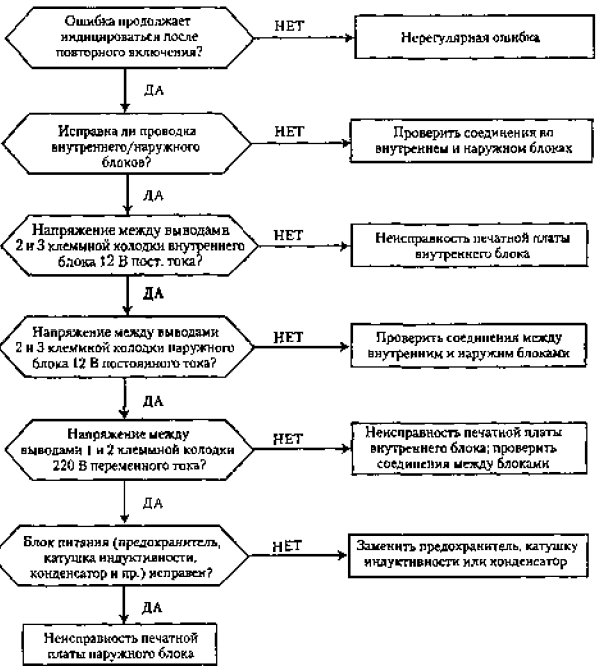


ПЕРЕГРЕВ КОМПРЕССОРА (недостаточно хладагента, неисправность датчика Th7)



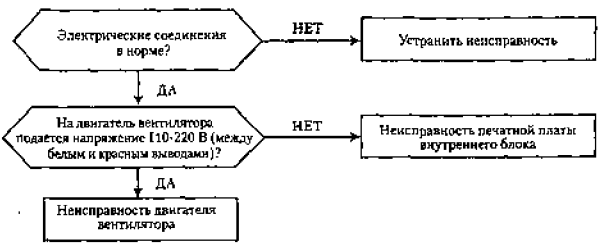
ОШИБКА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

(повреждение проводки, в том числе кабеля питания; неисправность печатной платы внутреннего или наружного блоков, сбой в системе электроснабжения)

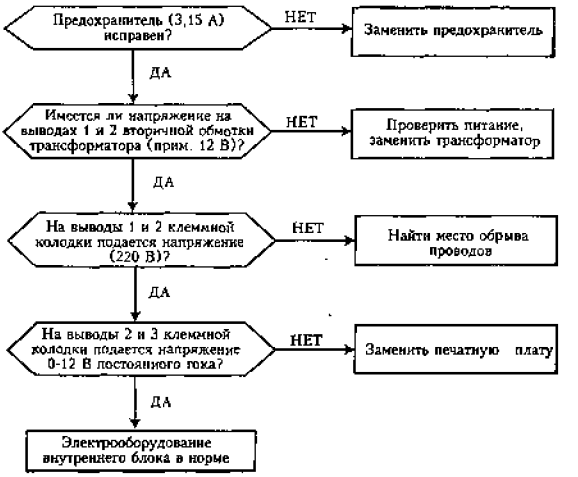


ОТКАЗ ДВИГАТЕЛЯ ВЕНТИЛЯТОРА ВНУТРЕННЕГО БЛОКА

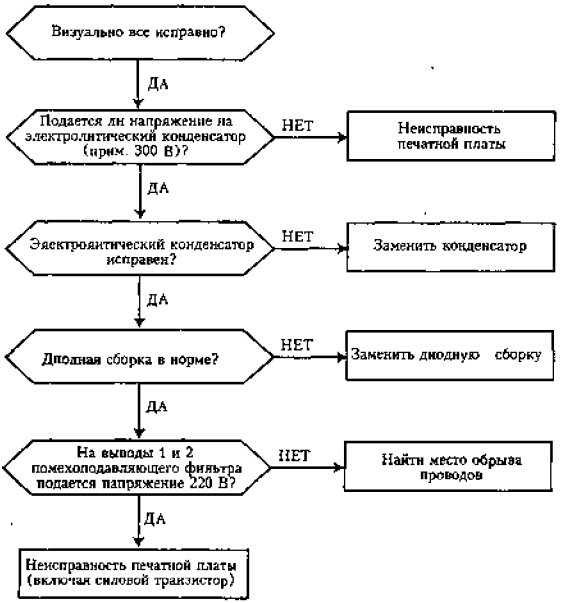
(неисправность двигателя вентилятора, неисправность печатной платы)



ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВНУТРЕННЕГО БЛОКА



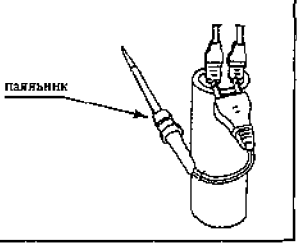
ДИАГНОСТИКА ИНВЕРТОРНОГО БЛОКА



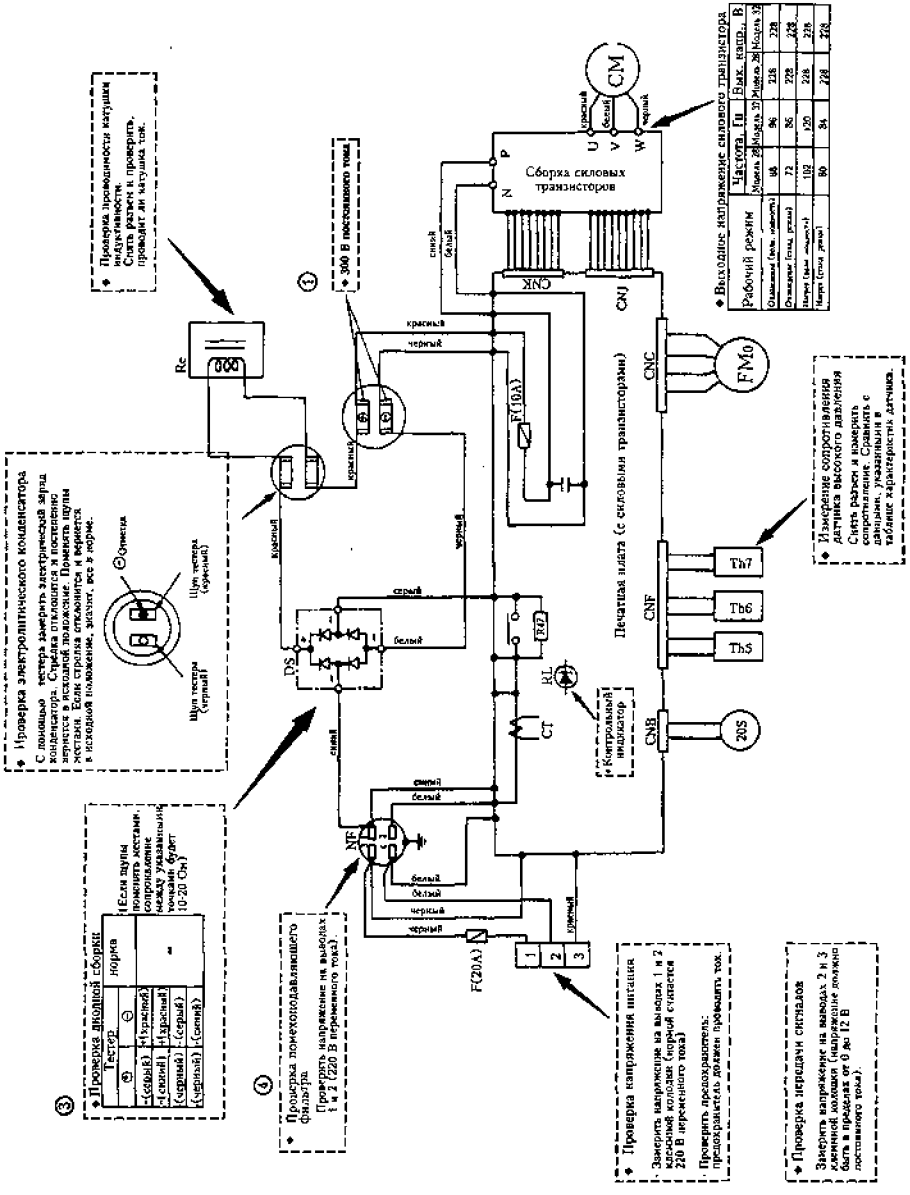
Напряжение на выходах 1 и 4 следует проверять только при поданном питании.

Перед тем, как измерить напряжение на выходах 2 и 3, убедитесь, что питание отключено, конденсатор разряжен, и на его выводах нет остаточного напряжения (10 В и меньше).

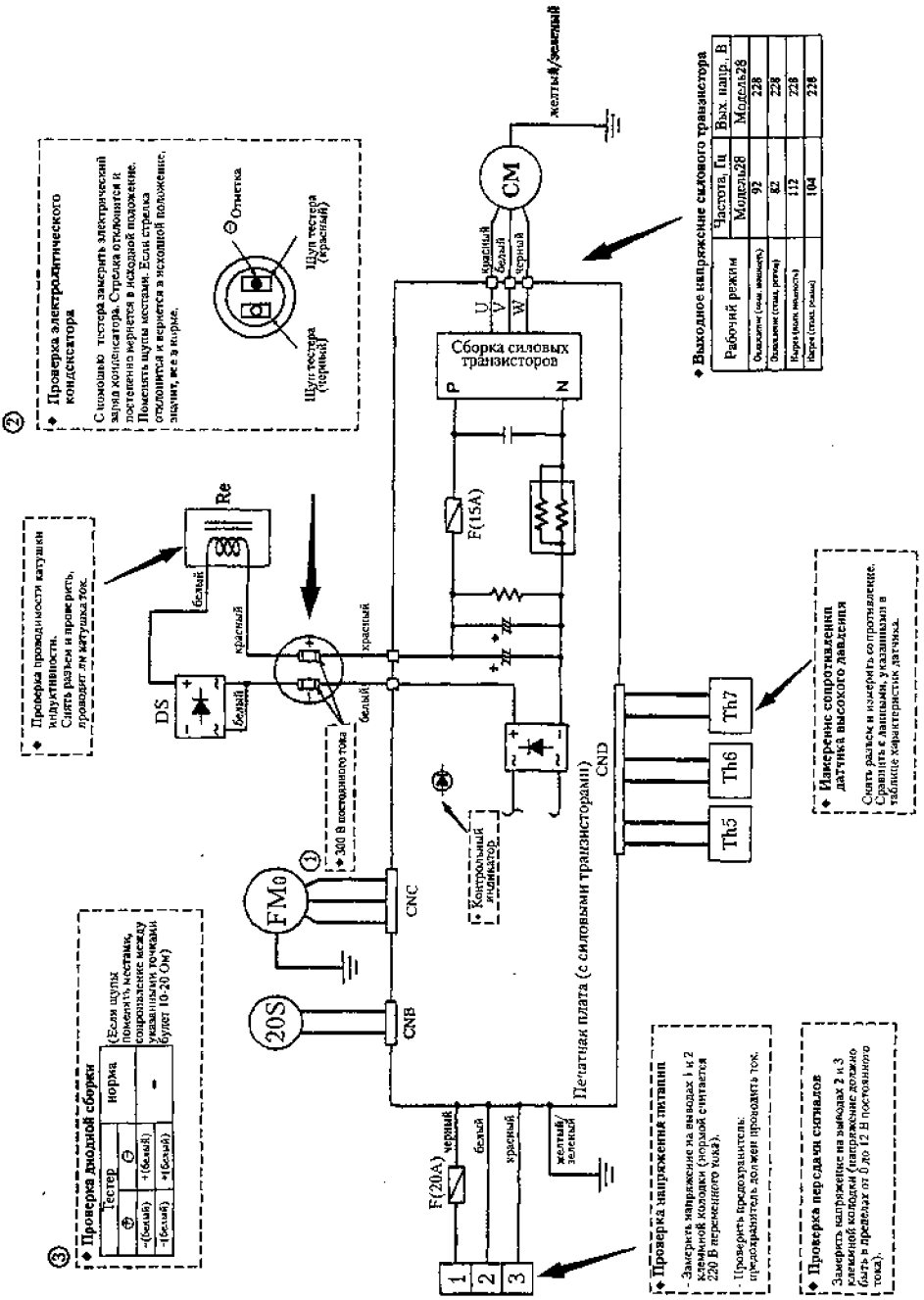
Разряд конденсатора



◆ Контрольные точки наружного блока SRK28RZ, 32RZ



IBIK


◆ Контрольные точки наружного блока SRK28GZ
③
◆ Проверка диодной сборки
Тестер
Норма
(Если щупы поменять местами, сопротивление между указанными точками будет 10-20 Ом)
-(белый) +(белый)
-
+(белый) -(белый)
◆ Проверка проводимости катушки индуктивности.
Снять разъем и проверить, проводит ли катушка ток.
Re
белый
красный
DS
белый
красный
белый
◆ 300 В постоянного тока
FM0
20S
CNC
CNB
Контрольный индикатор
Печатная плата (с силовыми транзисторами)
CND
F(20A)
черный
белый
красный
желтый/зеленый
1
2
3
◆ Проверка напряжения питания
- Замерить напряжение на выводах 1 и 2 наружной колодки (норма: синяется 220 В переменного тока).
- Проверить предохранитель. Предохранитель должен проводить ток.
◆ Проверка передачи сигналов
Замерить напряжение на выводах 2 и 3 наружной колодки (напряжение должно быть в пределах от 0 до 12 В постоянного тока).
②
◆ Проверка электролитического конденсатора
С помощью тестера замерить электрический заряд конденсатора. Стрелка отклонится и постепенно вернется в исходное положение. Поменять щупы местами. Если стрелка отклонится и вернется в исходное положение, значит, все в норме.
Отметка
Щуп тестера (красный)
Щуп тестера (черный)
Сборка силовых транзисторов
P
N
F(15A)
U
V
W
CM
красный
белый
черный
желтый/зеленый
◆ Выходное напряжение силового транзистора
Рабочий режим
Частота, Гц
Вых. напр., В
Модель28
Модель28
Охлаждение (скор. вентилят.)
92
228
Охлаждение (скор. ротора)
82
228
Нагревание (скор. вентилят.)
112
228
Нагрев (скор. ротора)
104
228
◆ Измерение сопротивления датчика высокого давления
Снять разъем и измерить сопротивление. Сравнить с данными, указанными в таблице характеристик датчика.
Th5
Th6
Th7

5.5. МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ БЫТОВЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

5.5.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Многозональным называется кондиционер, который может обслуживать несколько независимых по температурным режимам помещений (зон).

Эти кондиционеры имеют один наружный блок и несколько внутренних блоков. В каждом помещении регулировка и поддержание заданных параметров воздуха осуществляются независимо от других помещений.

Примером такого кондиционера является модель SCM80HENG-L фирмы Mitsubishi Heavy Industries.

К одному наружному блоку может быть подключено до четырех внутренних блоков общей холодопроизводительностью до 12,0 кВт (рис. 5.5.1).

Внутренние блоки могут быть двух типов: настенные (SKM) и потолочные (SRRM).

Настенные блоки имеют 6 типоразмеров с холодопроизводительностью от 2,2 до 5,0 кВт (табл. 5.5.2). Холодопроизводительность блока SRRM — 4,0 кВт.

Общая длина фреоновой магистрали может достигать 80 м. Максимальный перепад высот между внутренними блоками — 25 м. Допустимый подъем по высоте внутреннего блока относительно наружного — 15 м. Внутренний блок может быть установлен ниже наружного на 10 м.

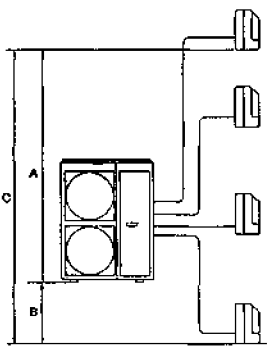


Рис. 5.5.1. Фреоновая магистраль кондиционера SCM80HENG-L

Таблица 5.5.1. Допустимое расстояние между блоками

Длина трубы до внутреннего блока		до 30 м
Общая длина до всей магистрали		до 80 м
Расстояние от наружного блока	до верхнего внутреннего блока (A)	до 15 м
	до нижнего внутреннего блока (B)	до 10 м
	максимальное расстояние между внутренними блоками (C)	до 25 м
Длина базовой трубы для хладагента[1]		50 м

[1] Если общая длина фреоновой магистрали будет превышать предельно допустимые значения, то возможен перегрев и выход из строя компрессора.

Регулировка общей теплопроизводительности производится электронным терморегулирующим вентилем (рис. 5.5.2.). Регулятор высокого давления (EVE) поддерживает давление конденсации постоянным.

Регулировка температуры внутри помещения производится с помощью электронного ступенчато-регулирующего вентиля EV(A-D), управляемого датчиком температуры внутреннего блока (рис. 5.5.3).

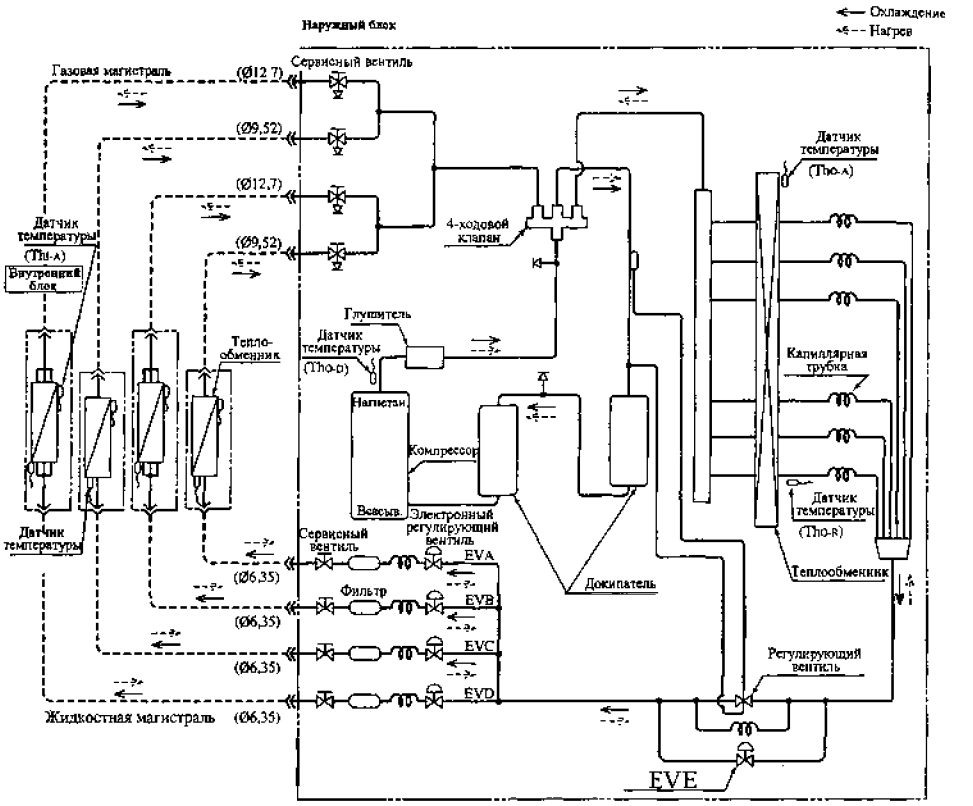


Рис. 5.5.2. Схема гидравлическая кондиционера SCM80HENG-L

Двигатель компрессора приводится в движение инверторным преобразователем. Диапазон изменения частоты составляет от 30 до 104 Гц. Вентиляторы внутреннего блока имеют 7 скоростей (аналогично SRK-RZ).

Выбор режима работы кондиционера определяется одним из четырех пользователей по временной приоритетности. Пользователь, который по времени раньше включил определенный режим, является приоритетным. Если второй пользователь включит свой внутренний блок на другой режим, то у него будет работать только вентилятор внутреннего блока. Это проиллюстрировано на схеме (рис. 5.5.4).

IBIK

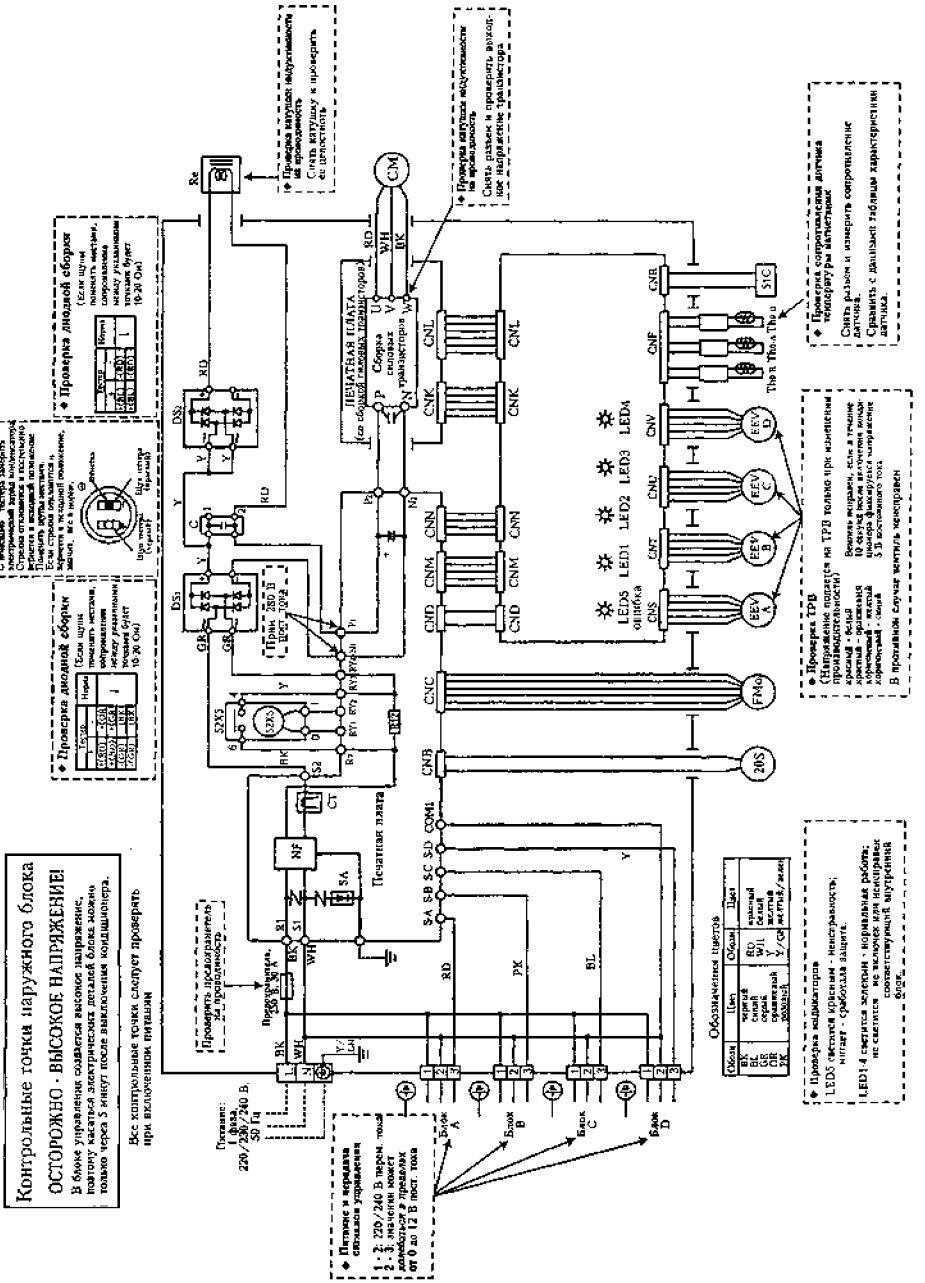


Рис. 5.5.3. Схема электрическая кондиционера SCM80IHENG-L

Таблица 5.5.2. Технические характеристики кондиционеров типа SKM

Параметр / Модель				SKM22HENG-L	SKM25HENG-L	SKM28HENG-L	SKM32HENG-L	SKM40HENG-L
Холодопроизводительность			кВт	2,2	2,5	2,8	3,2	4,0
Теплопроизводительность			кВт	3,4	3,6	4,0	4,5	6,0
Уровень звукового давления		Охлаждение	дБ	36			38	42
		Обогрев		39			41	42
Габаритные размеры (высота × ширина × глубина)			мм	275 × 790 × 174				
Цвет				Слоновая кость				
Масса нетто			кг	7,5	7,5	8	8	9
Вентиляторное оборудование (тип вентилятора и количество)				Центробежный ×1				Центробежный ×2
Мощность двигателя			Вт	18				24
Поток воздуха		Охлаждение	$м^3$/мин	7,5		7,7	9,0	9,5
		Обогрев		8,6		9,1	10,0	100
Воздушный фильтр				Полипропиленовая сетка (моющаяся) ×2				
Система управления				Дистанционный пульт				
Температурный контроль				Магнитный термостат				
Сигнальная лампочка				RUN (зеленая), TIMER (желтая)				
Устройства безопасности				Защита от замерзания, неисправностей при эксплуатации, неполадок двигателя вентилятора				
Труба для хладагента	Наружный диаметр	Труба для жидкости		Ø6,35 (1/4")				
		Труба для газа		Ø9,25 (3/8")			Ø12,7 (1/2")	
	Способ соединения			Вальцовочное соединение				
	Дополнительная длина трубы			Для жидкости: 0,4 м, для газа: 0,35 м				
	Изоляция			Необходима (для всех типов труб)				
Дренажный слив				Стыкуемый				
Аксессуары				Набор инструментов для монтажа				
Наружные блоки				SCM80HENG-L				

Пользователь *A* включил в момент времени t_1 охлаждение. В момент t_2 пользователь *B* включил режим нагрева. Однако данный кондиционер не может работать одновременно в двух режимах. Поэтому приоритет имеет пользователь *A*, а во внутреннем блоке пользователя *B* будет работать только вентилятор.

Если в момент времени t_3 пользователь *B* включит режим охлаждения, то его внутренний блок перейдет из режима обдува в режим охлаждения. Если в момент времени t_4 пользователь *A* захочет переключиться в режим нагрева, то выполнить это будет невозможно до тех пор, пока пользователь *B* также не перейдет в режим нагрева. В период t_3–t_4 у пользователя *A* будет работать только вентилятор обдува и т. д.

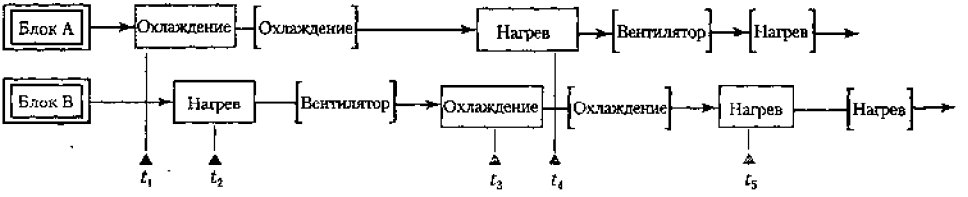


Рис. 5.5.4. Циклограмма приоритетности работы многозонального кондиционера

IBIK

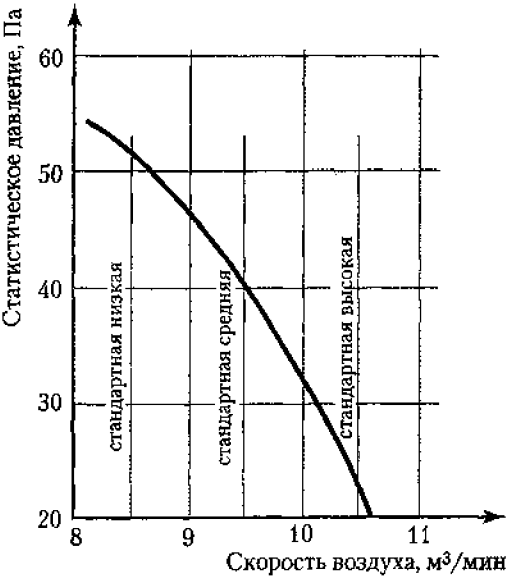


Рис. 5.5.5. Характеристика вентилятора потолочной модели SRRM40ZA

Напорная характеристика вентилятора потолочной модели SRRM40ZA приведена на рис. 5.5.5.

В эту модель дополнительно может быть установлен нагреватель, который снизит давление не более чем на 3–5 Па, а также дренажный насос, обеспечивающий подъем конденсата на высоту 500 мм от нижнего уровня блока.

Специальный двухслойный фильтр, содержащий угольную прослойку, поглощает запахи и сигаретный дым.

Остальные функции аналогичны функциям, представленным в моделях типа SRK-H.

IBIK

5.5.2 ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ БЫТОВЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

5.5.2.1. ОТОБРАЖЕНИЕ ВИДА НЕИСПРАВНОСТИ СИСТЕМОЙ САМОДИАГНОСТИКИ

Самодиагностика технического состояния кондиционера производится непрерывно. При отказе кондиционер выключается, вид отказа отображается сигнальными индикаторами на внутреннем и наружном блоках (табл. 5.5.3).

Таблица 5.5.3. Отображение вида неисправности системой самодиагностики кондиционеров SCM-ZA

Индикатор внутреннего блока		Индикатор наружного блока	Неисправность	Причина	Условие срабатывания
Индикатор «RUN»	Индикатор «TIMER»				
Мигает 1 раз	Светится постоянно	Выключен	Отказ датчика температуры теплообменника внутреннего блока	Обрыв провода датчика температуры теплообменника. Отсутствует контакт	Датчик фиксирует температуру теплообменника –20 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается).
Мигает 2 раза	Светится постоянно	Выключен	Отказ датчика комнатной температуры	Обрыв провода датчика комнатной температуры. Отсутствует контакт	Датчик фиксирует температуру теплообменника -20 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается)
Мигает 5 раз	Светится постоянно	Выключен	Неисправность дренажной системы	Неверный уклон слива. Неисправность поплавкового реле уровня	Смещение поплавкового реле уровня
Мигает 6 раз	Светится постоянно	Выключен	Отказ двигателя вентилятора внутреннего блока	Неисправность двигателя вентилятора. Отсутствует контакт	При работающем кондиционере скорость двигателя вентилятора внутреннего блока в течение 30 с не достигает 400 оборотов в минуту. (кондиционер выключается)
Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Выключен	Отказ датчика наружной температуры	Обрыв провода датчика температуры наружного блока. Отсутствует контакт	Датчик наружной температуры фиксирует значения -40 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается)
Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен	Отказ датчика температуры наружного теплообменника	Обрыв провода датчика теплообменника. Отсутствует контакт	На входе теплообменника фиксируется температура -50 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается)
Светится постоянно	Мигает 1 раз	Мигает 1 раз	Обрыв цепи питания компрессора	Обрыв одной из фаз. Пробой выходного транзистора инвертора	Фиксируется отклонение выходного тока инвертора от установленного значения (компрессор выключается)
Светится постоянно	Мигает 2 раза	Мигает 2 раза	Неисправность наружного блока	Повреждение силового трансформатора. Обрыв провода компрессора.	В течение 30 с фиксируется ток 1 А или меньше (компрессор выключается)

IBIK

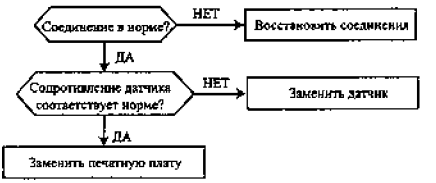
Продолжение **табл. 5.5.3**

Индикатор внутреннего блока		Индикатор наружного блока	Неисправность	Причина	Условия срабатывания
Индикатор «RUN»	Индикатор «TIMER»				
Мигает 1 раз	Светится постоянно	Выключен	Отказ датчика температуры теплообменника внутреннего блока	Обрыв провода датчика температуры теплообменника. Отсутствует контакт	Датчик фиксирует температуру теплообменника –20 °С и ниже в течение 3 с после остановки холодильной машины (во время работы кондиционера не отображается).
Светится постоянно	Мигает 2 раза	Загорается на 4 с, затем отключается на 4 с	Отказ датчика температуры нагнетательного патрубка компрессора	Обрыв провода датчика нагнетательного патрубка компрессора. Отсутствует контакт	Температура нагнетательного патрубка компрессора в течение 10 с менее 7 °С
Светится постоянно	Мигает 3 раза	Мигает 3 раза	Перегрузка по току	Перегрузка	Значения входящего тока превышают установленные значения (компрессор выключается)
Светится постоянно	Мигает 4 раза	Мигает 4 раза	Перегрев выходного транзистора	Транзистор не охлаждается	Температура выходного транзистора превышает допустимое значение (компрессор выключается)
Светится постоянно	Мигает 5 раз	Мигает 5 раз	Перегрев компрессора	Недостаточное количество хладагента. Неисправность датчика	Температура нагнетательного патрубка компрессора превышает установленное
Светится постоянно	Мигает 6 раз	Мигает 6 раз	Ошибка при передаче сигналов управления	Сбой в подаче питания. Обрыв сигнального провода. Неисправность печатной платы внутреннего/ наружного блока	Сигналы управления не подаются и не принимаются на протяжении 1 мин или постоянно отсутствуют в течение 55 с

5.5.2.2. АЛГОРИТМЫ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

После определения характера неисправности системой самодиагностики или в случае полного отказа кондиционера дальнейший поиск и устранение неисправности следует осуществлять по представленным ниже алгоритмам.

ОТКАЗ ДАТЧИКА (обрыв провода датчика, отсутствует контакт)



Характеристика датчика температуры нагнетательного патрубка (Tho-D)

Температура (°С)	Сопротивление (кОм)	Температура (°С)	Сопротивление (кОм)
0	164	70	8,7
5	127	75	7,3
10	99	80	6,2
15	78	85	5,3
20	62	90	4,5
25	50	95	3,9
30	40	100	3,3
35	32	105	2,9
40	26	110	2,5
45	21	115	2,2
50	17	120	1,9
55	14	125	1,6
60	12	130	1,4
65	10	135	1,3

НЕТ ТОКА КОМПРЕССОРА (компрессор не работает, обрыв одной из фаз)

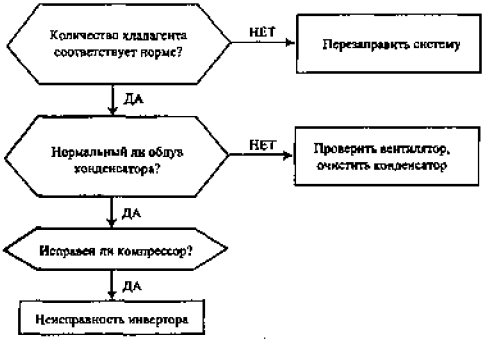


IBIK

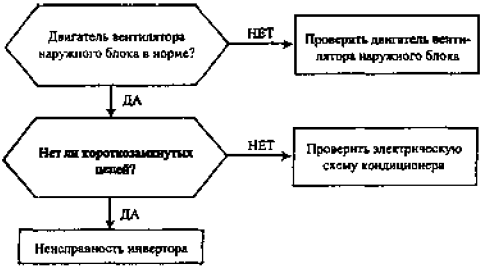
ОТКАЗ НАРУЖНОГО БЛОКА (обрыв провода силового транзистора)



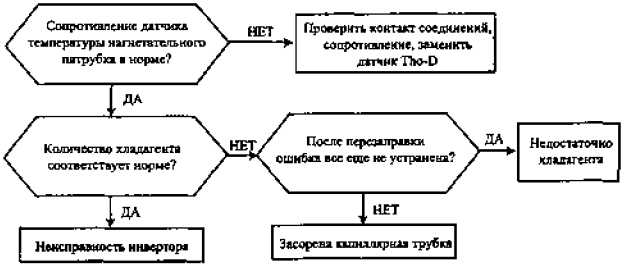
ПЕРЕГРУЗКА ПО ТОКУ (перегрузка, заклинивание компрессора)



ПЕРЕГРЕВ СИЛОВОГО ТРАНЗИСТОРА (недостаточное охлаждение)



ПЕРЕГРЕВ КОМПРЕССОРА (недостаточно хладагента, неисправность датчика Tho-D)



ОШИБКА ПРИ ПЕРЕДАЧЕ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

(неисправность печатной платы внутреннего/наружного блоков, сбой подачи питания наружного блока)



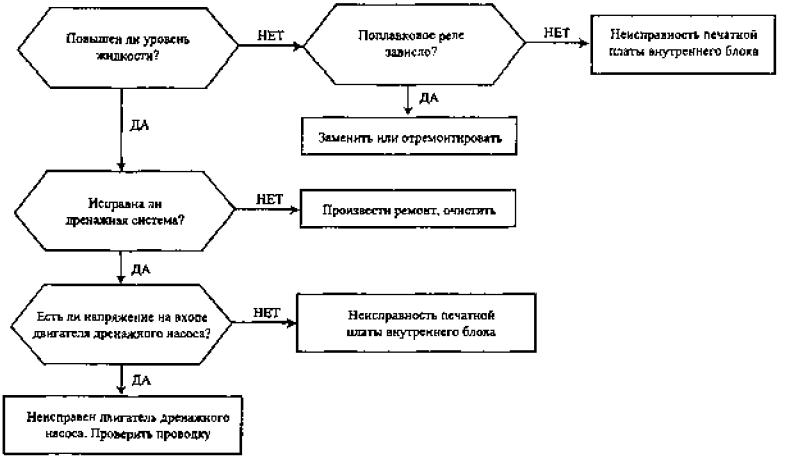
ОТКАЗ ДВИГАТЕЛЯ ВЕНТИЛЯТОРА ВНУТРЕННЕГО БЛОКА

(неисправность двигателя вентилятора, неисправность печатной платы)



НЕИСПРАВНОСТЬ ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ

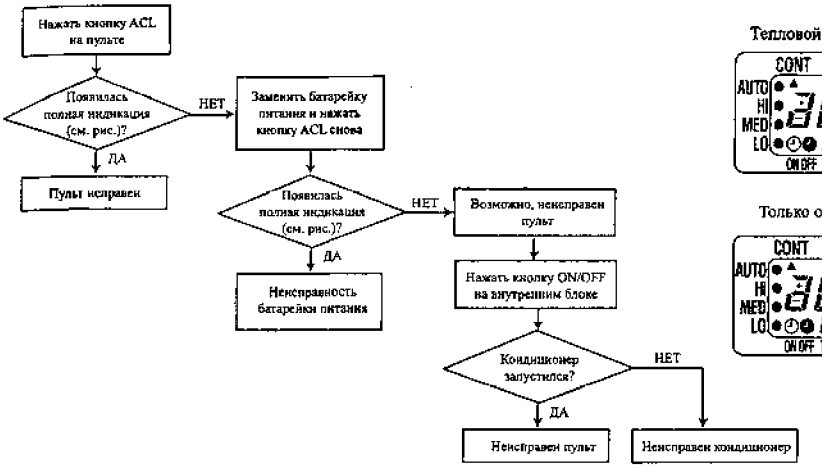
(повреждение дренажной трубы, неисправность насоса)



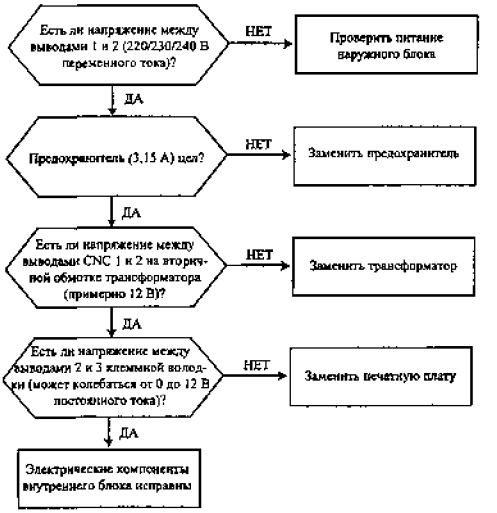
Примечание. Дренажный насос устанавливается дополнительно

SKM258, 288, 328CENF, 288HENF

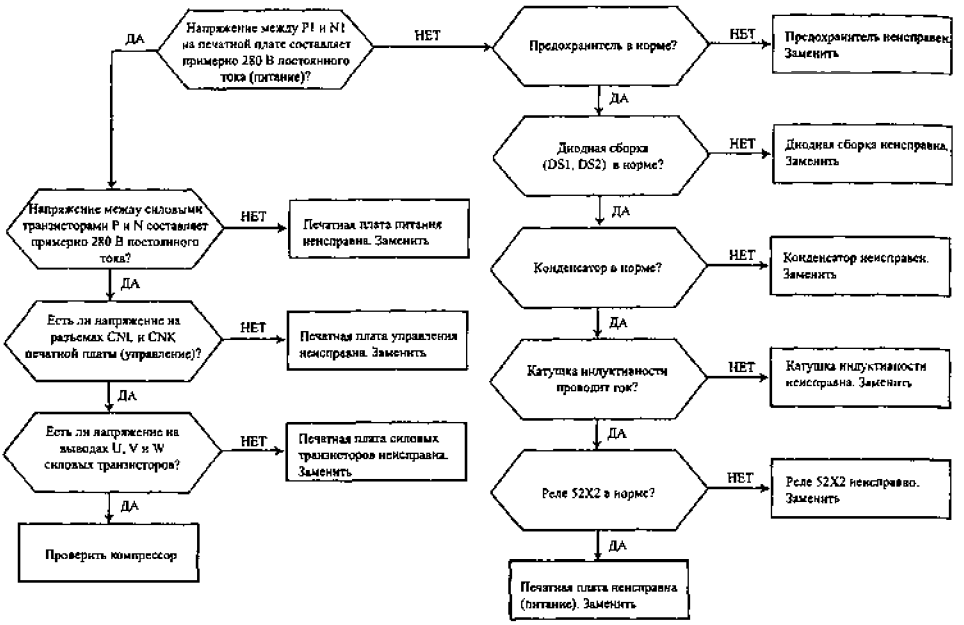
ПРОВЕРКА ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ



ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ ВНУТРЕННЕГО БЛОКА



ОТКАЗ ИНВЕРТОРА



Раздел 6

Полупромышленные кондиционеры

6.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Полупромышленные кондиционеры предназначены для создания микроклимата в общественных и офисных помещениях, индивидуальных домах, ресторанах, дачах и других аналогичных помещениях.

В технической документации приводятся следующие основные технические характеристики:

1. Напряжение питания

Питающее напряжение полупромышленных кондиционеров может быть как однофазное, так и трехфазное. Номинальное значение напряжения и частота определяются стандартами страны, где устанавливается кондиционер.

2. Потребляемая мощность и токи

Потребляемая мощность кондиционеров, имеющих однофазное напряжение питания, не должна превышать 3 кВт. Для кондиционеров с трехфазным напряжением питания ограничений по величине потребляемой мощности нет. Выбор автоматических выключателей защиты по току, сечения питающих проводов производится так же, как и для бытовых кондиционеров. Кроме того, должны устанавливаться токовые дифференциальные реле, обеспечивающие отключение питающего напряжения при токе утечки более 100 мА в течение 0,1 с.

3. Производительность

Диапазон производительности полупромышленных кондиционеров составляет от 5 до 100 кВт. Кондиционеры могут работать при температуре наружного воздуха от −15 °С до +43 °С. При принятии

IBIK

дополнительных мер кондиционеры можно использовать при температуре до –25 °С.

4. Условия проведения испытаний

Измерение номинальных параметров производится при условиях, оговоренных международными стандартами ISO-T1 или ISO-T3. В фирменных справочниках также приводятся данные по изменению технических характеристик в зависимости от условий применения.

5. Уровень звукового давления

Допустимый уровень звукового давления в помещении для бытовых электроприборов, в том числе кондиционеров, стандартами Украины установлен 40 дБ(А). Уровень звукового давления наружных блоков, устанавливаемых в районах новых застроек, должен быть не более 50 дБ(А) и 55 дБ(А) – в районах старых застроек.

6. Фреоновая магистраль

Длина фреоновой магистрали в полупромышленных кондиционерах составляет 30–130 м, перепад по высоте для внутренних блоков – до 15 м, перепад высот между наружным и внутренним блоками – от 15 до 50 м.

7. Конструкции

По конструкции полупромышленные кондиционеры подразделяются на моноблочные и сплит-системы.

Моноблочные кондиционеры устанавливаются вне помещения: на крышах зданий, на технических этажах, на территории, прилегающей к зданию. Обмен воздуха производится по воздуховодам, соединяющим помещение с кондиционером. Обеспечивается забор и подача свежего воздуха.

Сплит-системы состоят из наружного (компрессорно-конденсаторного) блока и внутреннего блока (теплообменника).

Конструктивно внутренние блоки могут быть следующих исполнений:

- настенные (FDKN) *;
- потолочные (FDTN);
- потолочно-подвесные (FDEN);
- напольные (FDF);
- канальные (FDUR, FDU, FDR).

8. Управление

Управление кондиционером осуществляется с автономного пульта дистанционного управления или с настенного пульта, соединенного с внутренним блоком отдельным кабелем.

* В скобках указаны условные обозначения, принятые для кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries.

IBIK

6.2. КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ БЛОКИ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Компрессорно-конденсаторные блоки сплит-систем имеют однотипную конструкцию, но различное исполнение в зависимости от производительности (рис. 6.2.1).

Состав сборочных единиц показан на рис. 6.2.2 и 6.2.3.

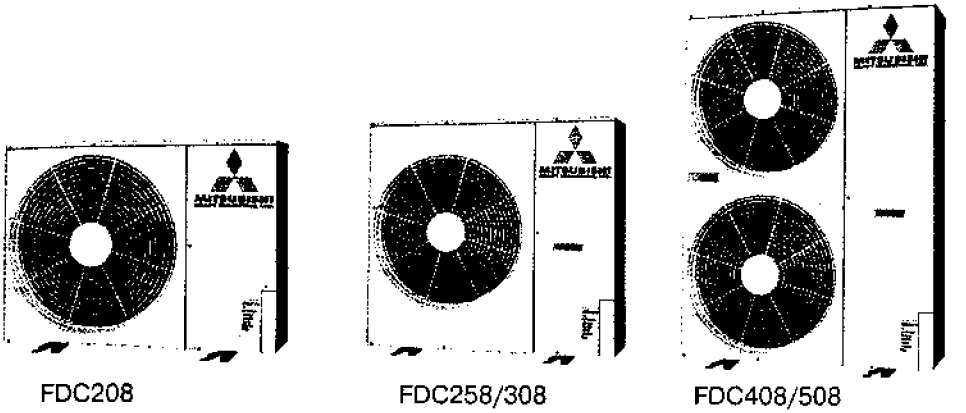


Рис. 6.2.1. Общий вид компрессорно-конденсаторных блоков полупромышленных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries

Схема гидравлическая полупромышленного кондиционера приведена на рис. 6.2.4.

Производятся кондиционеры, работающие только на охлаждение или в режимах как охлаждения, так и нагрева (тепловой насос). Производительность полупромышленных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries лежит в пределах от 5 до 30 кВт. При необходимости их можно комплектовать до 130 кВт.

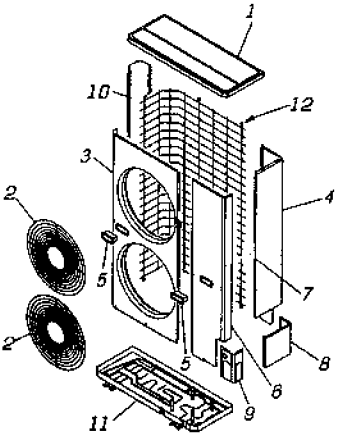


Рис. 6.2.2. Состав деталей корпуса компрессорно-конденсаторного блока:
1 — верхняя крышка;
2 — передняя защитная решетка;
3, 5, 6 — элементы передней панели;
7 — боковая панель;
4, 8, 9, 10 — элементы боковых панелей; *11* — поддон;
12 — задняя защитная решетка

Компрессорно-конденсаторный блок состоит из компрессора, теплообменника, четырехходового клапана, докипателя (аккумулятор), капиллярных трубок, шумоглушителя, фильтров, соленоидных клапанов, вентилей для подключения фреоновой магистрали (сервисные вентили), обратных клапанов.

IBIK

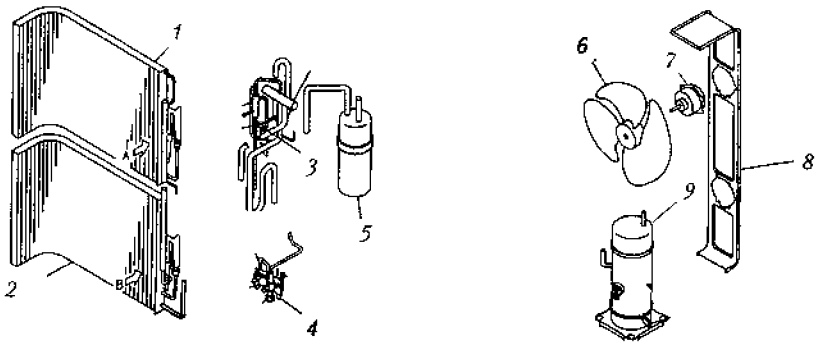


Рис. 6.2.3. Состав холодильной машины компрессорно-конденсаторного блока:
1, 2 – теплообменники, *3* – четырехходовой клапан; *4* – сервисные вентили;
5 – докипатель (аккумулятор); *6* – крыльчатка вентилятора;
7 – электродвигатель вентилятора;
8 – кронштейн крепления вентилятора; *9* – компрессор

Применяются поршневые, ротационные или спиральные компрессоры производительностью от 5 до 30 кВт.

В режиме охлаждения кондиционер работает следующим образом.

В компрессоре хладагент сжимается до давления 15–20 бар. Сжатый

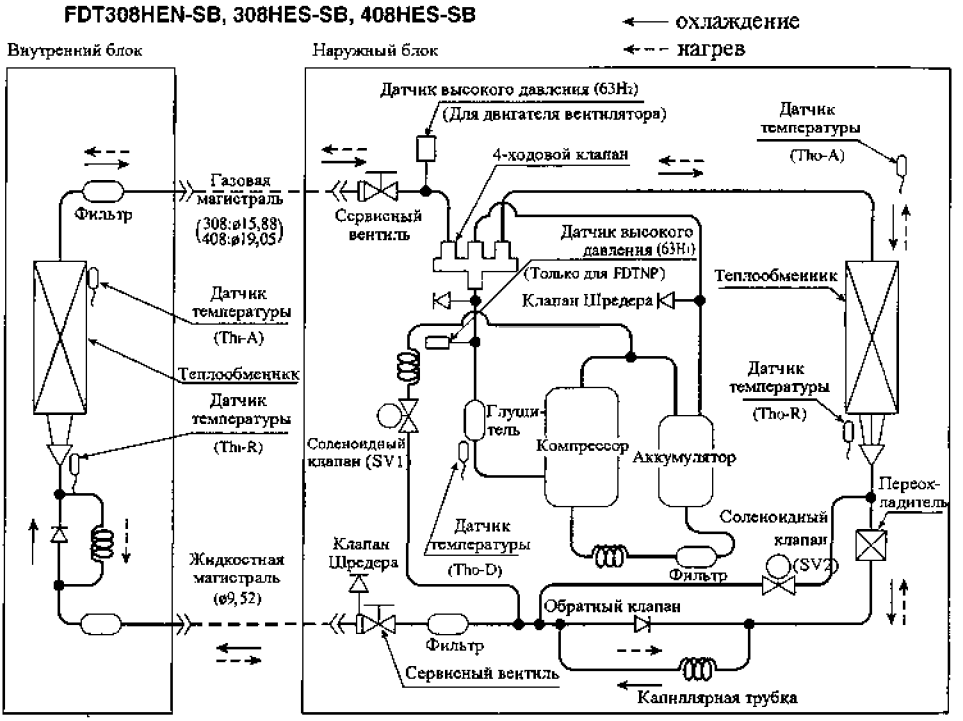
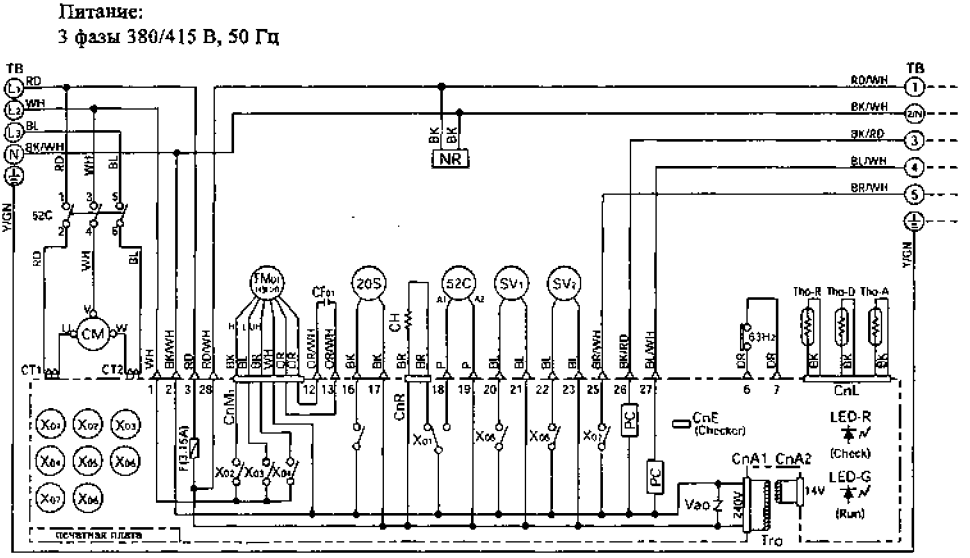


Рис. 6.2.4. Гидравлическая схема полупромышленного кондиционера

IBIK

газ температурой 70–90 °С через глушитель (рис. 6.2.4, сплошная стрелка) и четырехходовой клапан поступает в теплообменник, где, охлаждаясь до температуры 35–40 °С, преобразуется в жидкость. Теплообменник состоит из двух частей: основного теплообменника и переохладителя. Из теплообменника жидкий хладагент, пройдя капиллярную трубку, фильтр и сервисный вентиль, по фреоновой магистрали поступает в теплообменник внутреннего блока, где испаряется при температуре 4–5 °С, отбирая тепло из помещения. Из внутреннего блока по фреоновой магистрали газообразный хладагент через четырехходовой клапан поступает в докипатель (аккумулятор).



Обозн.	Название	Обозн.	Название
CT1,2	Трансформатор тока		
$CF_{01,2}$	Конденсатор электродвигателя вентилятора наружного блока	Vao	Варистор
CH	Нагреватель картера компрессора	20S	Электромагнитная катушка четырехходового клапана
CM	Электродвигатель компрессора	$49F_{01,2}$	Датчик вентилятора FM_n
F	Предохранитель	52C	Магнитный пускатель компрессора
$FM_{01,2}$	Электродвигатель вентилятора	CoE	Разъем для подключения диагностического пульта (checker)
NR	Помехоподавляющий фильтр	X_{01-08}	Реле
$SV_{1,2}$	Соленоидный клапан	$63H_1$	Датчик высокого давления (для защиты)
SW	Переключатель (ВКЛ/ВЫКЛ)	$63H_2$	Датчик высокого давления (регулировка давления конденсации)
TB	Клеммная колодка		
Tho-A	Датчик температуры наружного воздуха	CnA	Разъем для подключения трансформатора
Tho-D	Датчик температуры нагнетания	LED-G	Индикатор состояния (зеленый)
Tho-R	Датчик температуры теплообменника	LED-R	Индикатор состояния (красный)

Рис. 6.2.5. Электрическая схема компрессорно-конденсаторного блока полупромышленного кондиционера

В докипателе происходит испарение жидкого хладагента (если по каким-либо причинам он не испарился в испарителе) и отделение от него масла. Из докипателя масло через фильтр и капиллярную трубку поступает в картер компрессора. На выходе жидкостной линии установлен трехходовой сервисный вентиль, позволяющий подключить манометрический коллектор.

Соленоидный клапан SV1 служит для открытия канала охлаждения компрессора при его перегреве, а соленоидный клапан SV2 — для регулировки производительности кондиционера методом байпасирования хладагента.

В режиме нагрева процесс идет в обратном направлении (по пунктирной стрелке).

Гидравлические схемы компрессорно-конденсаторных блоков различных типоразмеров могут иметь отклонения от описанной выше, которые не носят принципиального характера.

Схема электрическая компрессорно-конденсаторного блока полупромышленного кондиционера приведена на рис. 6.2.5.

На трехфазный двигатель компрессора СМ напряжение подается пускателем 52С по команде датчика температуры, расположенного во внутреннем блоке.

Электромагнитные катушки (трансформаторы тока) СТ1 и СТ2 предназначены для исключения ошибки при определении фазировки напряжения питания компрессора. Если фазы подключены неправильно, система автоматики разомкнет пускатель 52С.

Нагреватель поддона картера СН, служащий для подогрева масла и удаления жидкого фреона из масла, включается только тогда, когда компрессор не работает, но питание на кондиционер подается.

Электромагнитные катушки SV1 и SV2 включают соответствующие соленоидные клапаны охлаждения компрессора и регулировки производительности.

Датчик 63Н1 расположен на нагнетательном патрубке компрессора и служит для защиты при превышения температуры компрессора.

Датчик 63Н2 поддерживает постоянным давление конденсации путем регулировки скорости вращения вентиляторов обдува конденсатора (вентиляторы FM01 и FM02).

Варистор Vao защищает электронные элементы от повреждения при превышении напряжения питающей сети.

IBIK

6.3. КОНСТРУКЦИИ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

6.3.1. ПОТОЛОЧНЫЕ ВСТРАИВАЕМЫЕ (КАССЕТНЫЕ) КОНДИЦИОНЕРЫ

Потолочные модели устанавливаются в межпотолочном пространстве между основным (несущим) потолком и фальшпотолком. Фирма Mitsubishi Heavy Industries выпускает эти кондиционеры под кодом FDT-N, который расшифровывается следующим образом:

FDT	N	20	8	C	EN	- S
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*

1 — Название модели: FDT

2 — N — дистанционное управление;
без N — пульт управления соединяется с внутренним блоком отдельным кабелем.

3 — Мощность: условное обозначение.

4 — Номер серии.

5 — C: только охлаждение;
H: тепловой насос.

6 — EP: 1 фаза 220 В, 50 Гц;
EN: 1 фаза 220/240 В, 50 Гц;
ES: 3 фазы 380/415 В, 50 Гц (380 В, 60 Гц);
EM: 3 фазы 230 В, 50 Гц (220 В, 60 Гц).

7 — S: наружный блок — 8 серия;
без S: наружный блок — 6 серия.

Технические характеристики кондиционеров FDT-N приведены в таблице 6.3.1.

Кондиционер (внутренний блок) состоит из корпуса, теплообменника, вентилятора и потолочной панели.

Корпус (рис. 6.3.1) крепится к основному потолку с помощью метал-

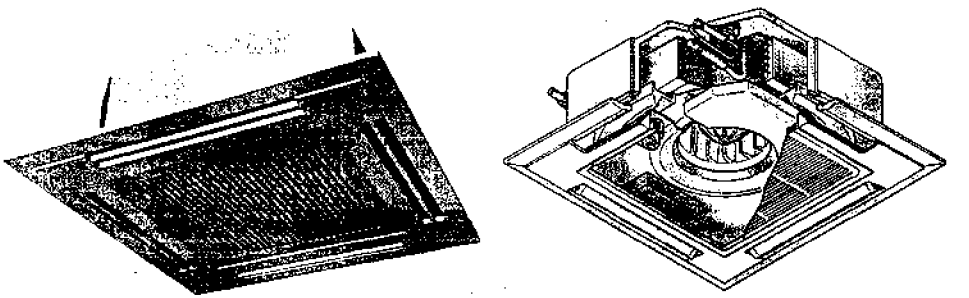


Рис. 6.3.1. Внешний вид кондиционера FDT-N

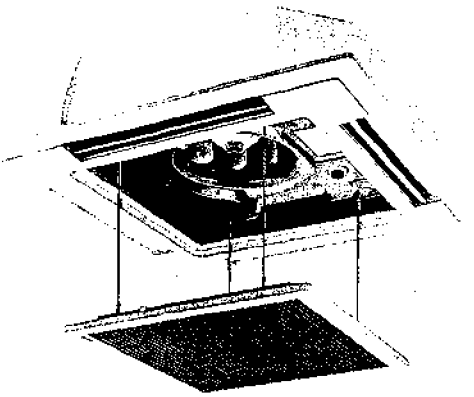
IBIK

Таблица 6.3.1. Технические характеристики кондиционеров типа FDT-N

Название модели в комплекте			FDT208HEN-S	FDT258HEN-S	FDT308HEN-S	FDT308HES-S	FDT408HES-S
Название внутреннего блока			FDT208	FDT258	FDT308	FDT308	FDT408
Название наружного блока			FDC208HEN3	FDC258HEN3	FDC308HEN3	FDC308HES3	FDC408HES3
Источник питания			1 фаза, 220 В, 50 Гц			3 фазы, 380 В, 50 Гц	
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	5000	5700	7100	7100	10 000
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	5400	6100	8000	8000	11 200
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	38–33	39–35	41–35		48–40
Внутренний блок		мм	215×700×700	260×840×840			320×840×840
Панель			26×800×800	30×950×950			
Наружный блок выс. × шир. × глуб.			690×880×290	845×880×340			1050×920×340
Масса нетто		кг	23(49)*	30(55)	30(74)		34(90)
Масса хладагента		кг	0,98	1,1	1,4		1,7
Поток воздуха		$м^3$/мин	14–10	16–11	17–12		26–19
Мощность электродвигателя		Вт	30×1(55×1)	25×1(55×1)	30×1(55×1)		80×1(40×2)
Подача свежего воздуха			возможно				
Трубопровод для хладагента	диаметр	мм	6,35/15,88	9,52/15,88			9,52/19,05
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				

* в скобках указаны значения для наружного блока

Название модели в комплекте			FDT508HES-S	FDT308HEN	FDT308HES	FDT408HES	FDT508HES
Название внутреннего блока			FDT508	FDT308	FDT308	FDT408	FDT508
Название наружного блока			FDC508HES3	FDC308HEN3	FDC308HES3	FDC408HES3	FDC508HES3
Источник питания			3 фазы, 380 В, 50 Гц	1 фаза, 220 В, 50 Гц	3 фазы, 380 В, 50 Гц		
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	12 500	7100	7100/7700	10 200/11 300	12 500/14 000
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	14 000	7300	7300/7900	10 500/11 600	12 800/14 400
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	49–43	41–35		48–40	49–43
Внутренний блок		мм	320×840×840	260×840×840		320×840×840	
Панель			30×950×950				
Наружный блок выс.×шир.×глуб.			1250×920×340	844×850×340		1250×920×340	
Масса нетто		кг	36(101)	30(69)		34(86)	36(91)
Масса хладагента		кг	1,9	1,3		1,6	2,3
Поток воздуха		$м^3$/мин	28–20	17–12		26–19	28–20
Мощность электродвигателя		Вт	130×1(65×2)	30×1(60×1)	30×1(60×1)	80×1(60×2)	130×1(60×2)
Подача свежего воздуха			возможно				
Трубопровод для хладагента	Размер	мм	9,52/19,05	9,52/15,88			9,52/19,05
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				



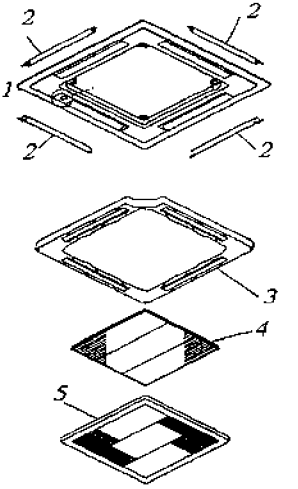


Рис. 6.3.2. Потолочная панель кондиционеров FDT-N:
1 – основание панели; *2* – направляющие жалюзи;
3 – рамка; *4* – фильтр; *5* – решетка

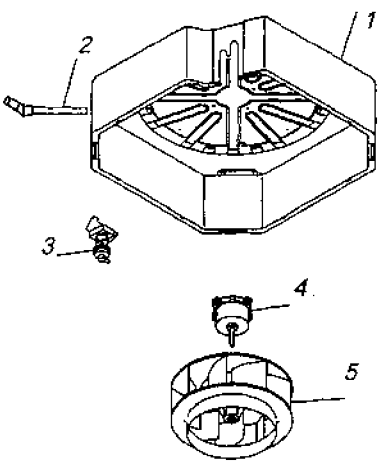


Рис. 6.3.3, *а*. Корпус и вентилятор кондиционера FDT-N:
1 – корпус;
2 – дренажная трубка;
3 – дренажный насос;
4 – мотор вентилятора;
5 – вентилятор

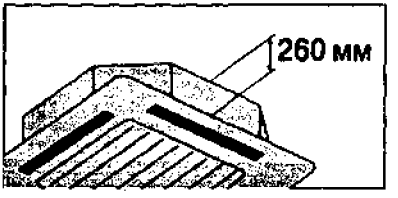


Рис. 6.3.3, *б*. Высота корпуса кондиционера

лических шпилек таким образом, чтобы нижняя плоскость потолочной панели располагалась на уровне потолка. Корпус закрывается потолочной панелью (рис. 6.3.2).

Вентилятор *5* (рис. 6.3.3, *а*) диаметром 440 мм расположен внутри теплообменника, благодаря чему оптимизируется направление потока воздуха и обеспечивается максимальный теплообмен при низких оборотах вентилятора. Уровень звукового давления довольно низкий (33 дБ(А) – для модели FDT-208).

Направляющие жалюзи потока воздуха, расположенные по четырем сторонам потолочной панели, управляются синхронно. Кромки на концах воздухозаборного отверстия, направленные к центру, обеспечивают потоку нисходящее направление, благодаря чему потолок не загрязняется.

Встроенный насос обеспечивает подъем конденсата на высоту 700 мм, что помогает решать проблему слива конденсата в том случае, если невозможно сделать плавный уклон сливной дренажной трубы.

Высота корпуса кондиционера (260–290 мм) минимальная по сравнению с аналогичными кондиционерами других производителей.

IBIK

С помощью DIP переключателя внутреннего блока можно изменять скорость воздушного потока. Воздушный поток, отрегулированный на необходимую длину, обеспечивает требуемый воздухообмен.

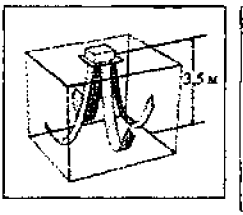


Рис. 6.3.3, *в*. Форма воздушного потока

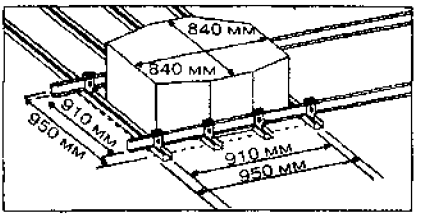


Рис. 6.3.3, *г*. Габаритные размеры

Габаритные размеры всех внутренних блоков сделаны одинаковыми. Это упрощает монтажные работы и улучшает интерьер помещения.

Расположение потолочной панели можно регулировать относительно потолка. На конечной стадии установки блок может быть повернут по дуге 30 мм.



Рис. 6.3.3, *д*. Регулирование потолочной панели

В потолочную панель встроен приемник ИК-излучений (в случае дистанционного управления) и индикатор режимов работы, вида отказа, состояния фильтра. Кроме того, имеется резервная кнопка включения/выключения кондиционера в случае неисправности пульта управления.

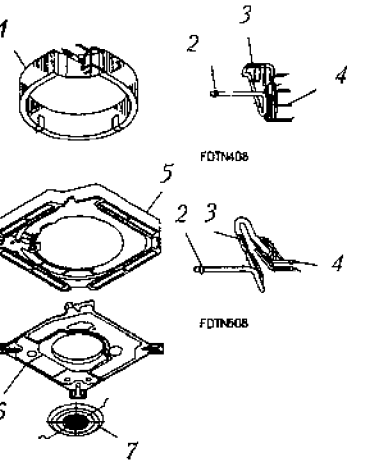


Рис. 6.3.3, *е*. Теплообменник:
1 – испаритель;
2 – патрубок;
3 – капиллярная трубка;
4 – дистрибьютор;
5 – рамка;
6 – внутренняя панель;
7 – защитная решетка

Теплообменник восьмой серии четырехсторонний, благодаря чему внутренний блок имеет компактные размеры.

Пульт управления может быть дистанционный или проводной. Проводной пульт показан на рис. 6.3.4.

Для моделей, которые не имеют жалюзи на выходе (FDR, FDU), применяется пульт управления RCD-HKX-E2. Для напольных моделей FDFL применяется пульт RCD-HKXFL-E2.

Для остальных моделей используется пульт RCD-HKX-S-E2.

При возникновении неисправности нажатием кнопки CHECK на пульте управления высветится код неисправности.

Во внутреннем блоке располагается электронная плата управления, на которой установлены микропроцессор, исполнительные реле, блок питания, установочные переключатели.

IBIK

Таблица 6.3.2. Установка переключателей и перемычек на плате пульта

№ позиции	Обозначение	Установка	Значение
1	SW1	C	Кондиционер только с охлаждением
		H	Для теплового насоса
2	SW2	ON	Задействован датчик температуры пульта управления
		OFF	Задействован датчик температуры внутреннего блока
3	SW3	ON	Питание внутреннего блока включено
		OFF	Питание внутреннего блока выключено
4	SW4	S	Подчиненный пульт управления (управление и с главного, и с подчиненного пульта управления)
		M	Главный пульт управления
5	J4	Разомкнута	Отображение режима постоянного сканирования - есть
		Замкнута	Отображение режима постоянного сканирования - нет
6	J3	Разомкнута	Таймер выключен
		Замкнута	Таймер включен (норма)
7	J2	Разомкнута	Отображение двух скоростей вентилятора
		Замкнута	Отображение трех скоростей вентилятора
8	J1	Разомкнута	Отображение температуры возвратного потока - нет
		Замкнута	Отображение температуры возвратного потока - есть
На схеме не обозначены	J6	KXR	
	J7	RX	

В микропроцессор поступают команды управления от пульта и датчиков, расположенных в различных точках кондиционера. По входным сигналам, в соответствии с записанным в микропроцессоре алгоритмом работы кондиционера, через реле включаются и выключаются исполнительные механизмы (компрессор, вентиляторы, насос откачки конденсата (дренажный насос), электродвигатель привода жалюзи, клапаны и т. д.).

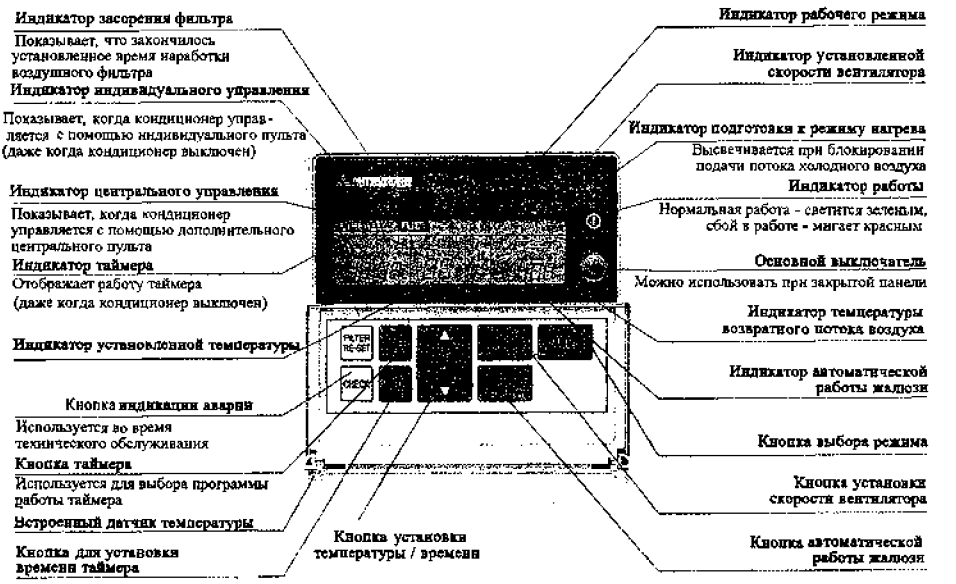


Рис. 6.3.4, *а*. Проводной пульт полупромышленных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries (лицевая сторона)

IBIK

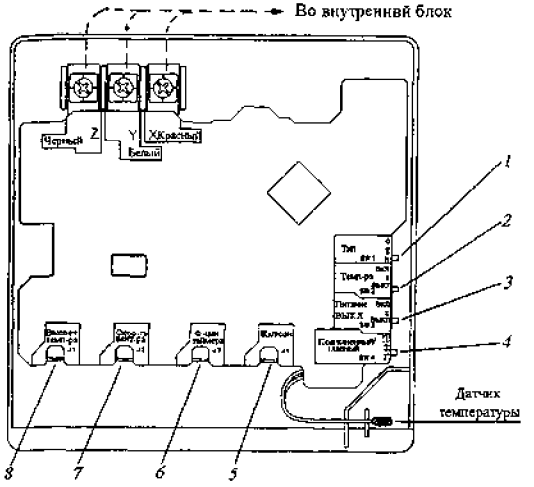


Рис. 6.3.4, *б*. Проводной пульт полупромышленных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries (вид сзади со снятой крышкой):
1 – тумблер SW-1 – только холод – тепловой насос;
2 – тумблер SW-2 – переключатель датчика температуры;
3 – тумблер SW-3 – выключатель питания внутреннего блока;
4 – тумблер SW-4 – переключатель режима "подчиненный – главный";
5 – перемычка j4 – отображение режима работы жалюзи (ВКЛ-ВЫКЛ);
6 – перемычка j3 – работа таймера (ВКЛ-ВЫКЛ);
7 – перемычка j2 – выбор режима работы вентилятора внутреннего блока (3 скорости – 2 скорости);
8 – перемычка j1 – индикация комнатной температура (ВКЛ-ВЫКЛ)

6.3.2. НАСТЕННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Настенный тип кондиционеров является наиболее распространенным для офисных, жилых зданий, коттеджей, небольших торговых центров и других аналогичных помещений.

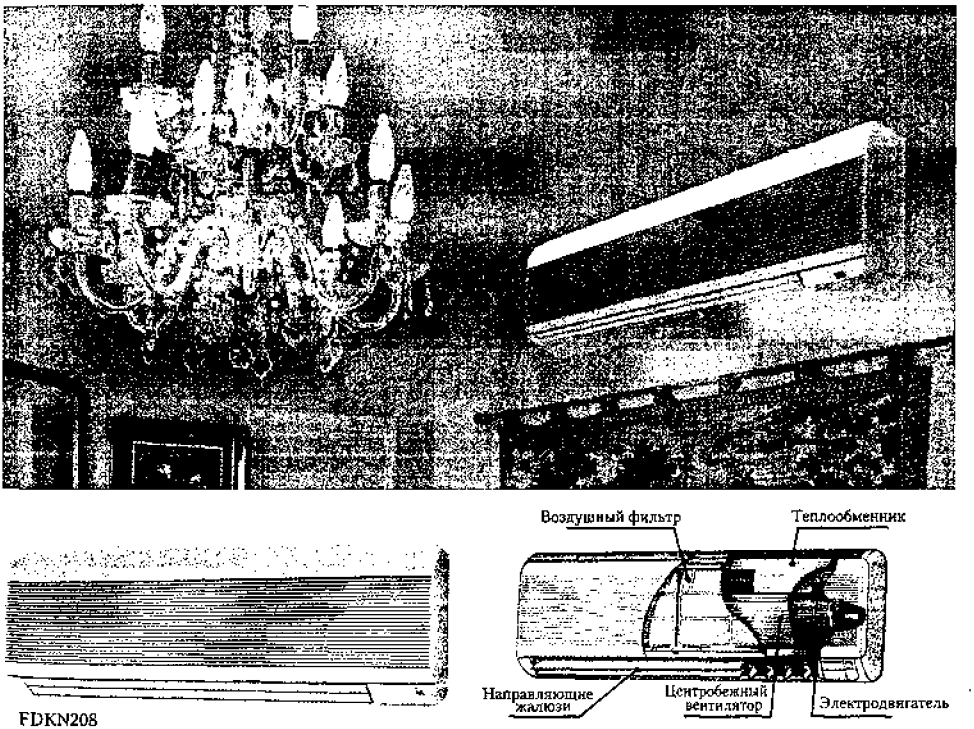


Рис. 6.3.5. Внешний вид настенного кондиционера

Фирма Mitsubishi Heavy Industries выпускает эти кондиционеры под шифром FDKN, который расшифровывается следующим образом:

FDK N 20 8 C EN -S
1 2 3 4 5 6 7

1 — Название модели: FDK.
2 — N — дистанционное управление;
без N — пульт управления соединяется с внутренним блоком отдельным кабелем.
3 — Мощность: (условное обозначение).
4 — Номер серии.
5 — C: только охлаждение;
H: тепловой насос.
6 — EP: 1 фаза 220 В, 50 Гц;
EN: 1 фаза 220/240 В, 50 Гц;
ES: 3 фазы 380/415 В, 50 Гц (380 В, 60 Гц);
EM: 3 фазы 230 В, 50 Гц (220 В, 60 Гц).
7 — S: наружный блок — 8 серия;
без S: наружный блок — 6 серия.

Технические характеристики настенных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries приведены в таблице 6.3.3.

Кондиционер представляет собой сплит-систему. Наружные компрессорно-конденсаторные блоки типа FDC унифицированы (описаны в разделе 6.1)

Внутренний блок состоит из корпуса (рис. 6.3.6), теплообменника (рис. 6.3.8), электронного узла управления (рис. 6.3.10) и пульта. Пульт может быть дистанционным или настенным.

Таблица 6.3.3. Технические характеристики настенных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries

Название модели в комплекте			FDKN208HEN-S	FDKN258HEN-S	FDKN308HEN-S	FDKN208HEN	FDKN258HEN
Название внутреннего блока			FDKN208H	FDKN258H	FDKN308H	FDKN208H	FDKN258H
Название наружного блока			FDC208HEN3	FDC258HEN3	FDC308HEN3	FDC208HEN3	FDC256HEN3
Источник питания			1 фаза, 220 В, 50 Гц				
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	4850	5700	7100	5000	5700
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	5400	6100	8000	5100	6100
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	45—38(52)		46—40(52)	45—38(56)	45—38(57)
Габаритные размеры (выс. × шир. × глуб.)		мм	275×790×179 (690×880×290)	298×940×196 (845×880×340)	298×1155×196 (845×880×340)	275×790×179 (615×850 ×290+30)	298×940×196 (615×850× ×290+30)
Масса нетто		кг	10(49)	11(55)	13,5(74)	10(56)	11(57)
Масса хладагента		кг	0,98	1,1	1,4	1,0	1,25
Поток воздуха		$м^3$/мин	16—10(56)	17—10(56)	21—15(58)	16—10(42)	17—10(42)
Мощность электродвигателя		Вт	26×1(55×1)	40×1(55×1)	40×1(55×1)	26×1(55×1)	40×1(55×2)
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	6,35/15,88	9,52/15,88			
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				

ІВІК

Продолжение **табл. 6.3.3**

Название модели в комплекте			FDKN308HEN	FDKN308HES	FDKN208HEP	FDKN258HEP	FDKN308HEP
Название внутреннего блока			FDKN308	FDKN308H	FDKN208H	FDKN258H	FDKN308H
Название наружного блока			FDC306HEN3	FDC306HES3	FDC206HEP3	FDC256HEP3	FDC306HEP3
Источник питания			1 фаза, 220 В, 50 Гц	3 фазы, 380 В, 50 Гц	1 фаза, 220/240 В, 50 Гц		
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	7100	7100/7700	5200	6200	7100
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	7300	7300/7900	5400	6400	7300
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	46–40(56)		45–38(56)	45–38(57)	46–40(56)
Габаритные размеры выс. × шир. × глуб.		мм	298×1155×196 (844×950×340)		275×790×179 (615×850×290+30)	298×940×196 (615×850×290+30)	298×1155×196 (844×950×340)
Масса нетто		кг	13,5(69)		10(56)	11(57)	13,5(69)
Масса хладагента		кг	1,3	1,3	1,0	1,25	1,3
Поток воздуха		$м^3$/мин	21–15(54)	21–15(54/56)	16–10(44)	17–10(44)	21–15(56)
Мощность электродвигателя		Вт	40×1(60×1)	40×1(60×1)	26×1(55×1)	40×1(55×2)	40×1(60×1)
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	9,52/15,88		6,35/15,88	9,52/15,88	
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				

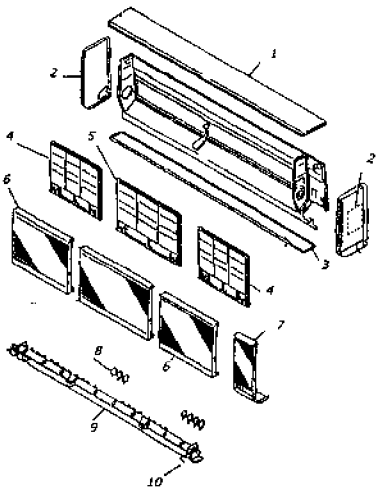


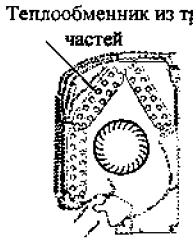
Рис. 6.3.6. Состав корпусных деталей настенного кондиционера типа FDKN:
1 – верхняя панель;
2 –боковые панели;
3 – нижняя панель;
4, 5 – воздушные фильтры;
6, 7 – лицевые панели;
8 – вертикальные жалюзи;
9 – горизонтальные жалюзи;
10 – мотор привода горизонтальных жалюзи

Корпус устанавливается на стену с помощью монтажной пластины (*1*) (рис. 6.3.8).

Воздушные фильтры гофрированные, сотовой структуры имеют большой срок службы, устойчивы к плесени, легко доступны для очистки. По заказу может быть установлен дезодорирующий фильтр. Фильтр с активированным углем защищает как от плесени, так и от запахов в течение длительного времени. Эффективность фильтрации увеличивается в 10 раз.

Материал корпуса устойчив как к положительным, так и к отрицательным температурам. В моделях восьмой серии передняя панель цельная. Электродвигатель привода горизонтальных жалюзи управляется напряжением 12 В переменного тока. Положение вертикальных жалюзи устанавливается вручную. Угол подачи воздуха по вертикали составляет 70°, по горизонтали — 150°.

IBIK



Теплообменник состоит из трех частей, которые расположены по периметру вентилятора внутреннего блока, что делает блок более компактным. Толщина внутреннего блока – 196 мм.

Центробежный вентилятор имеет удлиненные лопасти, благодаря чему размеры его уменьшены. Двигатель вентилятора питается напряжением 220 В.

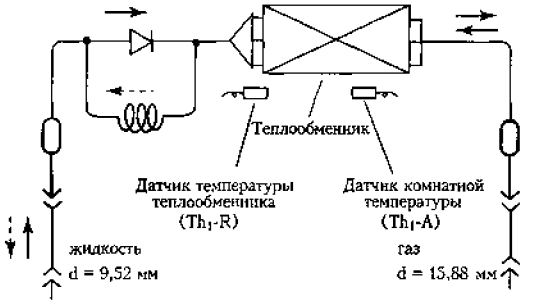


Рис. 6.3.7. Гидравлическая схема внутреннего блока полупромышленных кондиционеров:
–> направление потока хладагента в режиме охлаждения
- -> направление потока хладагента в режиме нагрева

В режиме охлаждения хладагент из жидкостной магистрали (рис. 6.3.7) через фильтр и обратный клапан поступает в теплообменник, где испаряется. Пары хладагента, пройдя через второй фильтр, возвращаются в газовую фреоновую магистраль.

В режиме нагрева направление потока хладагента обратное (пунктирная стрелка). Перегретый пар поступает в теплообменник, отдает тепло в нагреваемое помещение и конденсируется. Затем проходит через капиллярное дросселирующее устройство (трубку) и испаряется в наружном блоке.

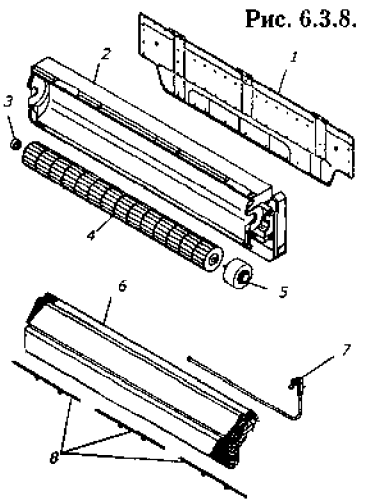


Рис. 6.3.8. Состав основных деталей теплообменного узла настенного кондиционера FDKN:
1 – монтажная пластина,
2 – корпус,
3 – опора,
4 – вентилятор,
5 – двигатель вентилятора,
6 – теплообменник,
7 – трубка капиллярная,
8 – направляющие жалюзи

Для кондиционеров FDK восьмой серии по отдельному заказу поставляется дренажный насос (рис. 6.3.9). Дренажный насос поднимает жидкость на высоту 1000 мм.

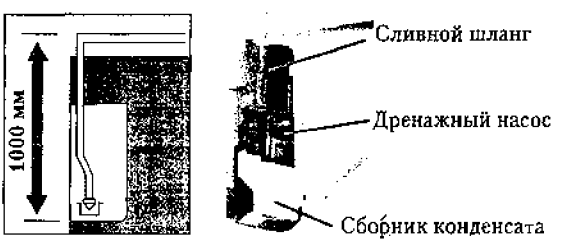


Рис. 6.3.9. Установка дренажного насоса

IBIK

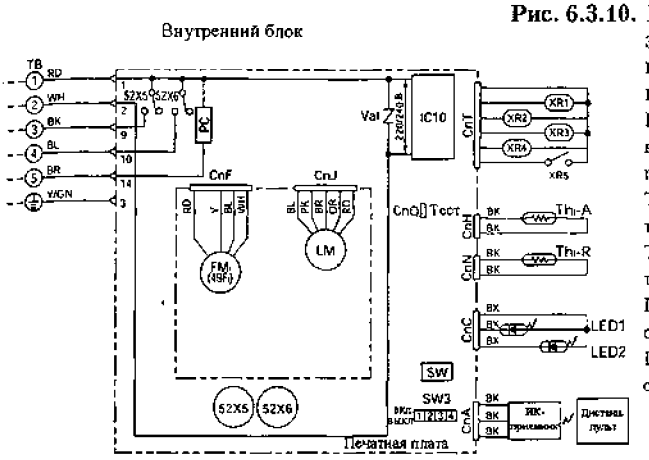


Рис. 6.3.10. Принципиальная электрическая схема внутреннего блока кондиционера FDKN:
FM_1 – двигатель вентилятора внутреннего блока; LM – двигатель привода жалюзи;
Th_1-A – датчик комнатной температуры;
Th_1-R - датчик температуры теплообменника;
LED1 – индикатор зеленого свечения (RUN);
LED2 – индикатор желтого свечения

6.3.3. ПОТОЛОЧНО-ПОДВЕСНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Потолочно-подвесные кондиционеры устанавливаются под потолком. Такие кондиционеры хорошо вписываются в интерьеры как новых, так и старых зданий, особенно удачно сочетаясь с интерьерами многоярусных квартир.

Фирма Mitsubishi Heavy Industries выпускает такие кондиционеры под шифром FDEN, который расшифровывается следующим образом:

FDE N 20 8 C EN -S
1 2 3 4 5 6 7

1 – FDE – название модели.
2 – N – дистанционное управление;
без N – настенный пульт управления соединяется с инутренним блоком отдельным кабелем.
3 – Мощность: (условное обозначение).
4 – Номер серии.
5 – C: только охлаждение;
H: тепловой насос.
6 – EP: 1 фаза 220 В, 50 Гц;
EN: 1 фаза 220/240 В, 50 Гц;
ES: 3 фазы 380/415 В, 50 Гц (380 В, 60 Гц);
EM: 3 фазы 230 В, 50 Гц (220 В, 60 Гц).
7 – S: наружный блок – 8 серия;
без S: наружный блок – 6 серия.

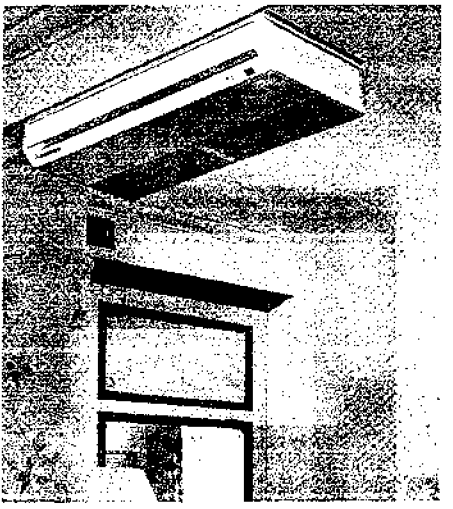


Рис. 6.3.11. Кондиционер FDEN в интерьере помещения

Потолочно-подвесной кондиционер FDEN состоит из корпуса, теплообменника, вентиляторов и блока управления. Кондиционер FDEN-208 весит 22 кг и является самым легким в своем классе.

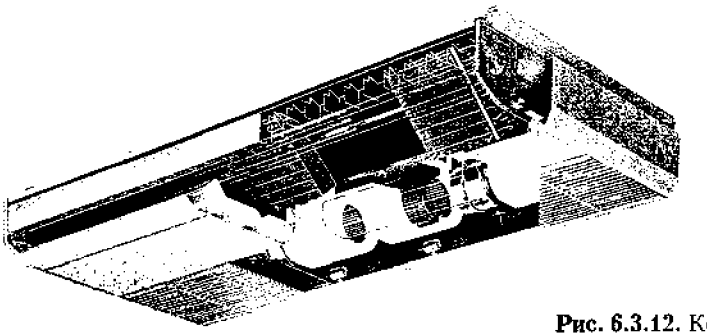


Рис. 6.3.12. Кондиционер FDEN (вырез условный)

Таблица 6.3.4. Технические характеристики потолочно-подвесных кондиционеров фирмы Mitsubishi Heavy Industries

Название модели в комплекте			FDEN208HEN-S	FDEN208HEN	FDEN208HEP	FDEN258HEN-S
Название внутреннего блока			FDEN208H	FDEN208H	FDEN208H	FDKN258H
Название наружного блока			FDC208HEN3	FDC206HEN3	FDC206HEP3	FDC258HEN3
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц			
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	5000	5000	5200	5700
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	5400	5100	5400	6100
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	43–38(52)	43–38(56)	44–39(56)	44–39(52)
Габаритные размеры (выс. × шир. × глуб)		мм	184×1000×650 (690×880×290)	184×1000×650 (615×850× ×290+30)	184×1000×650 (615×850× ×290+30)	184×1260×650 (845×880× ×340)
Масса нетто		кг	22(49)	22(56)	22(56)	27(55)
Масса хладагента		кг	0,98	1,0	1,0	1,1
Поток воздуха		$м^3$/мин	Высокий:14, низкий 10(56)	Высокий:14, низкий 10(42)	Высокий:14, низкий 10(44)	Высокий:16, низкий 10,5(56)
Мощность электродвигателя		Вт	40×1(55×1)	40×1(55×1)	40×1(55×1)	25×2(55×1)
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	6,35/15,88			9,52/15,88
	Способ соединения		Вальцовочное соединение			

Продолжение табл. 6.3.4.

Название модели в комплекте			FDEN258HEN	FDEN258HEP	FDEN308HEN
Название внутреннего блока			FDEN258H	FDEN258H	FDEN308H
Название наружного блока			FDC256HEN3	FDC256HEP3	FDC306HEN3
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц		
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	5900	6200	7100
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	6100	6400	7300
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	44–39(57)	45–40(57)	45–39(56)
Габаритные размеры (выс.×шир.×глуб)		мм	184×1260×650 (690×880×290)	184×1260×650 (615×850× ×290+30)	184×1260×650 (844×950×340)
Масса нетто		кг	27(57)		27(69)
Масса хладагента		кг	1,25	1,25	1,3
Поток воздуха		$м^3$/мин	16– 10,5(42)	16– 10,5(44)	16,5– 10,5(54)
Мощность электродвигателя		Вт	25×2(55×1)	25×2(55×1)	35×2(60×1)
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	9,52/15,88		
	Способ соединения		Вальцовочное соединение		

IBIK

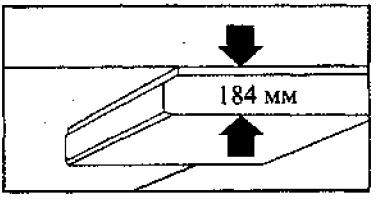
Продолжение табл. 6.3.4

Название модели в комплекте			FDEN308HEN-S	FDEN308HES-S	FDEN308HEP	FDEN308HES	FDEN408HES
Название внутреннего блока			FDEN308H	FDEN308H	FDEN308H	FDEN308H	FDKN408H
Название наружного блока			FDC308HEN3	FDC308HES3	FDC306HEP3	FDC306HES3	FDC406HES3
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц	3 фазы, 380/415 В, 50 Гц	1 фаза, 220/240 В, 50 Гц	3 фазы, 380/415 В, 50 Гц	
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	7100	7100	7100	7100/7700	10200/11300
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	8000	8000	5700	7300/7900	10500/11600
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	45—39(52)	45—39(52)	46—40(56)	41—35(56)	49/50—43/43(57)
Габаритные размеры (выс. × шир. × глуб.)		мм	184×1260×650 (845×880×340)	184×1260×650 (845×880×340)	184×1260×650 (844×950×340)	1184×1260×650 (844×950×340)	239×1260×650 (1250×950×340)
Масса нетто		кг	27(74)	27(74)	27(69)	27(69)	34(86)
Масса хладагента		кг	1,4	1,4	1,3	1,3	1,6
Поток воздуха		м³/мин	16,5—11,5 (58)	16,5—11,5 (58)	16,5—11,5 (54)	16,5—11,5 (54/56)	126—19 (100/110)
Мощность электродвигателя		Вт	35×2(55×1)	35×2(55×1)	35×2(60×1)	35×2(60×1)	35×55(60×2)
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	9,52/15,88				9,52/19,5
	Способ соединения		Вальцовочное соединение				

Продолжение табл. 6.3.4

Название модели в комплекте			FDEN408HES-S	FDEN508HES	FDEN508HES-S	FDEN508HEV
Название внутреннего блока			FDEN408H	FDEN508H	FDEN508H	FDEN508H
Название наружного блока			FDC408HES3	FDC506HES3	FDC508HES3	FDC506HEV3
Источник питания			3 фазы, 380/415 В, 50 Гц			
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	10000	12500/14000	12500	12500/14000
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	11200	12800/14400	14000	12800/14400
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	45—39(52)	45—39(52)	46—40(56)	41—35(56)
Габаритные размеры (выс. × шир. × глуб.)		мм	239×1260×650 (1050×920×340)	239×1470×650 (1250×950×340)	239×1470×650 (1250×920×340)	239×1470×650 (1250×950×340)
Масса нетто		кг	34(90)	40(91)	40(101)	40(91)
Масса хладагента		кг	1,67	2,3	1,9	2,3
Поток воздуха		м³/мин	Высокий:26, низкий 19(70)	Высокий:28, низкий 20 (100/110)	Высокий:28, низкий 20 (110)	Высокий:28 низкий 20 (100/110)
Мощность электродвигателя		Вт	35×55(40×2)	35×2(60×2)	35×2(65×2)	55×2(60×2)
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	9,52/19,05			
	Способ соединения		Вальцовочное соединение			

Корпус (2) (рис. 6.3.13) крепится к потолку с помощью металлических шпилек. Кондиционеры FDEN имеют минимальную высоту среди известных потолочно-подвесных кондиционеров других производителей (184 мм).



Лопастные вентиляционные жалюзи, разработанные на основе передовой аэродинамической технологии, позволяют оптимально распределять воздушный поток с низким уровнем шума. Современный дизайн с закругленными краями создает в комнате комфортную обстановку. Фирмой Mitsubishi Heavy Industries разработана оригинальная вентиляторная секция (рис. 6.3.14), позволяющая снизить уровень звука до 38 дБ(А).

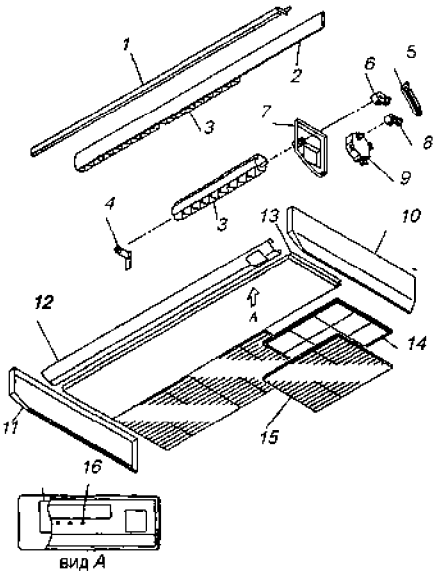


Рис. 6.3.13. Состав корпусных деталей кондиционера FDEN:
1, 12 — элементы фронтальной панели;
2 — горизонтальные жалюзи; *3* — вертикальные жалюзи; *4, 6* — опоры горизонтальных жалюзи;
5, 8 — привод вертикальных жалюзи;
7 — пластина; *9* — двигатель привода жалюзи;
10, 11 — боковые панели; *13* — передняя панель;
14 — решетка; *15* — воздушный фильтр;
16 — блок управления

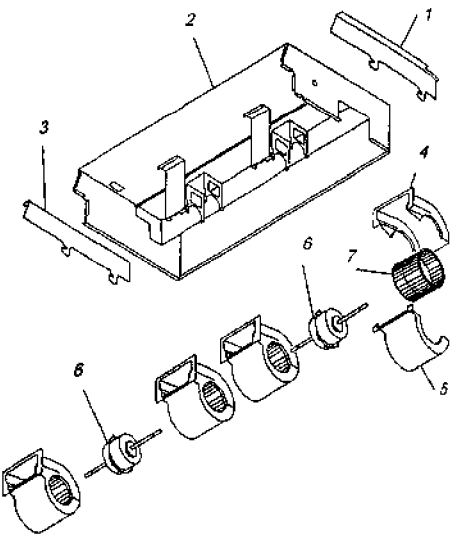


Рис. 6.3.14. Вентиляторная секция потолочно-подвесного кондиционера:
1, 3 — боковые стенки;
2 — корпус;
4, 5 — корпус вентилятора;
6 — электродвигатель вентилятора

Теплообменник (рис. 6.3.15) компактно объединен с остальными элементами: фильтрами, обратным клапаном, капиллярным расширительным устройством. Схема гидравлическая аналогична кондиционерам типа FDTN (рис. 6.2.4).

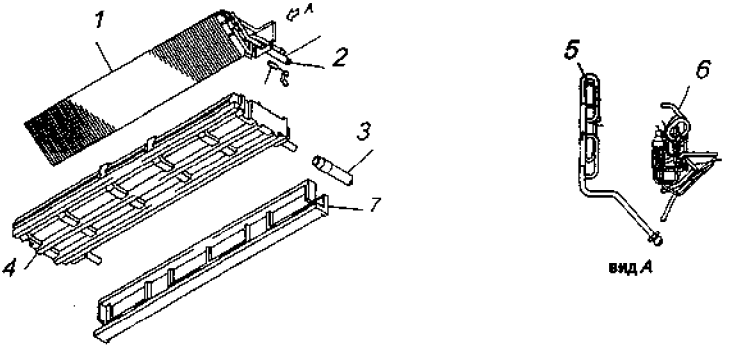


Рис. 6.3.15. Теплообменник кондиционера FDEN:
1 — теплообменник; *2* — фильтр; *3* — дренажная трубка;
4, 7 — поддон для сбора конденсата; *5, 6* — капиллярные трубки

IBIK

6.3.4. КАНАЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Канальные кондиционеры монтируются в межпотолочном пространстве между основным потолком (перекрытием) и фальш-потолком, на технических этажах, во вспомогательных помещениях. Канальные кондиционеры эффективно используются для кондиционирования воздуха в больших залах и на промышленных предприятиях.

Воздух забирается из помещения и подается в помещение по воздуховодам. Выполняя разводку воздуха воздуховодами, можно с помощью одного блока создать нужный микроклимат в нескольких помещениях. Возможен частичный забор свежего воздуха через отдельные каналы.

Фирма Mitsubishi Heavy Industries выпускает канальные кондиционеры под шифром FDU, FDUM, FDR и FDUR. Конструкции этих моделей отличаются способом забора и подачи воздуха в помещение.

В кондиционерах типа FDUM для вытяжки воздуха из помещения используется один воздуховод прямоугольного сечения, а для подачи — круглые воздуховоды диаметром 200 мм. Количество воздуховодов может быть 2, 3 или 4 в зависимости от производительности кондиционера (рис. 6.3.16)

В кондиционерах типа FDR забор воздуха из помещения производится через нижнюю потолочную панель внутреннего блока (без воздуховода), а подача — через круглые воздуховоды диаметром 200 мм (рис. 6.3.16).

В блоках FDUR S3 и FDUR W3 забор и подача воздуха осуществляются с помощью воздуховодов.

В блоках FDUR S1 и FDUR W1 забор воздуха осуществляется через потолочную решетку, а подача — через воздуховоды.

В кондиционерах типа FDU вытяжка воздуха и подача воздуха в помещение осуществляется с помощью прямоугольных воздуховодов. Компрессорно-конденсаторные (наружные) блоки имеют 3 типоразмера в зависимости от производительности (рис. 6.3.19).

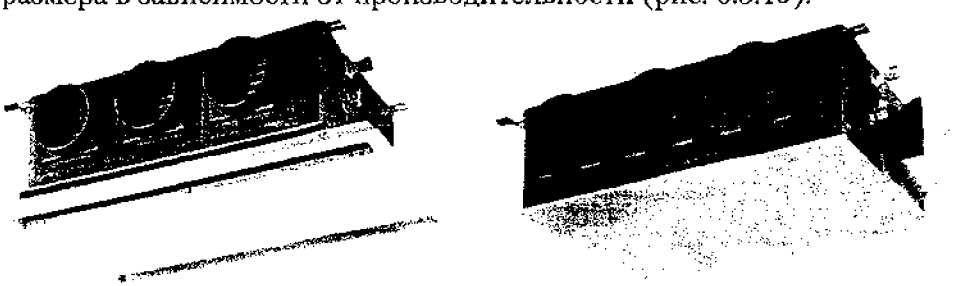
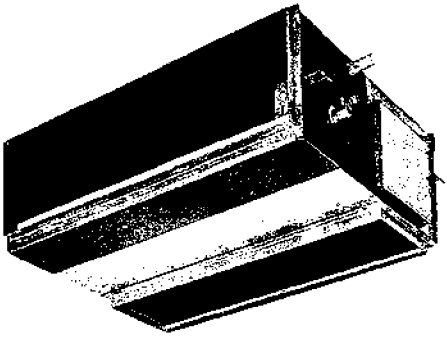
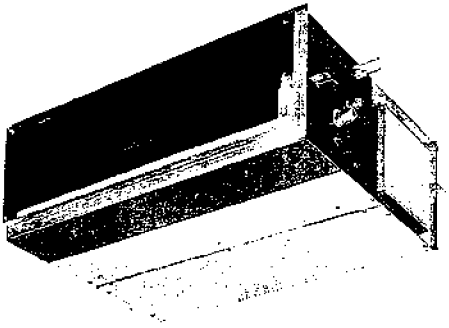


Рис. 6.3.16. Канальные кондиционеры типа FDR и FDUM

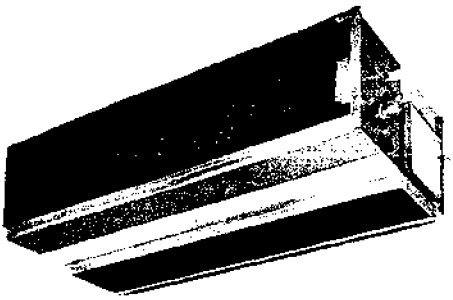
IBIK



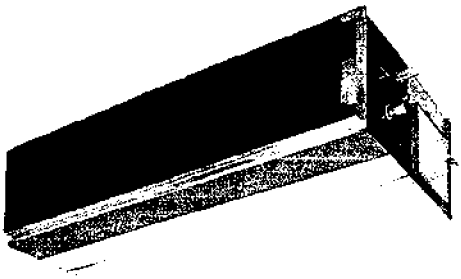
FDUR S1



FDUR S3



FDUR W1



FDUR W3

Рис. 6.3.17. Внешний вид кондиционеров FDUR

Технические характеристики указанных типов кондиционеров идентичны. Так как кондиционеры типа FDU имеют более широкий диапазон холодопроизводительности, подробно рассмотрим этот тип кондиционеров.

Наименование моделей расшифровывается следующим образом:

FDU	**30**	**8**	**H**	**EN**
1	*2*	*3*	*4*	*5*

1 – FDU – название модели.
2 – Мощность: (условное обозначение).
3 – Номер серии.
4 – C: только охлаждение;
H: тепловой насос.
5 – Источник питания (аналогично FDTN).

Модели FDU308, FDU408 и FDU508 очень компактны – их высота составляет всего 360 мм. Эти блоки легко монтировать в межпотолочном пространстве. Все блоки имеют небольшой вес по сравнению с другими аналогичными кондиционерами. Так, модель FDU308 весит всего 48 кг.

Гидравлические схемы канальных кондиционеров приведены на рис. 6.3.23 и 6.3.24.

IBIK

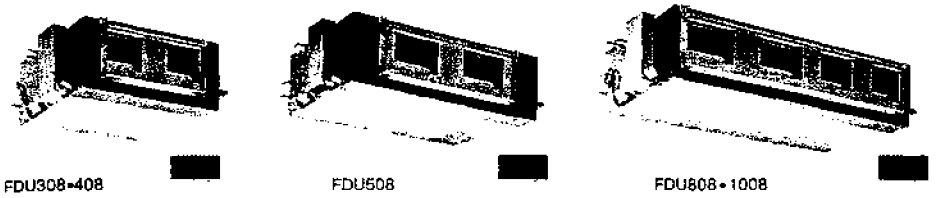


Рис. 6.3.18. Канальные кондиционеры типа FDU (внутренние блоки)

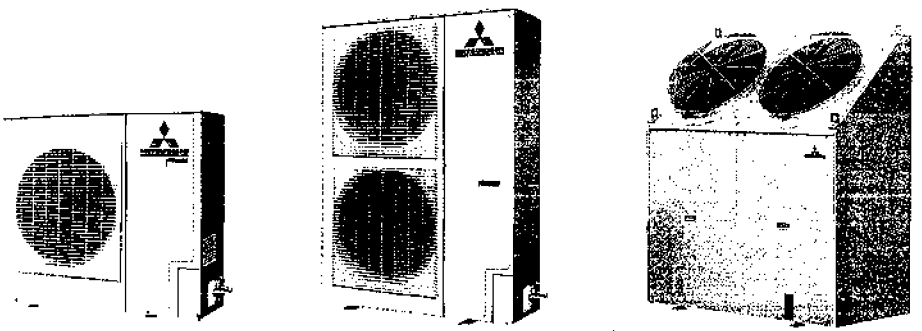


Рис. 6.3.19. Канальные кондиционеры типа FDU (компрессорно-конденсаторные блоки)

Таблица 6.3.5. Технические характеристики кондиционеров типа FDU

Название моделей в комплекте			FDU308HEN	FDU308HES	FDU408HES	FDU508HES
Название внутреннего блока			FDU308	FDU308	FDU408	FDU508
Название наружного блока			FDC306HEN3	FDC306HES3	FDC406HES3	FDC506HES3
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц	3 фазы, 380/415 В, 50 Гц		
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	7100	7100/7700	10 200/11 300	12 500/14 000
	JIS (ISO-T3)		—	6000	9900	11 900
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	7300	7300/7900	10 500/11 600	12 800/14 400
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	41 (56)	41/43 (56)	44/46 (57)	45/47 (59)
Габаритные размеры (выс.×шир.×глуб.)		мм	360×320×830 (844×950×340)		360×320×830 (1250×950×340)	360×1200×830 (1250×950×340)
Масса нетто		кг	48(69)	48 (69)	49 (86)	62 (91)
Масса хладагента		кг	1,3	1,3	1,6	2,3
Поток воздуха		$м^3$/мин	20 (54)	20/24 (54/56)	27/32 (100/110)	34/40 (100/110)
Мощность электродвигателя		Вт	130×1(60×1)	130×1(60×1)	200×1(60×2)	230×1(60×2)
Возможное статическое давление		Па	Стандарт: 100, максимум 200			
Забор свежего воздуха			Возможен			
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	9,52/15,88		9,52/19,05	
	Способ соединения		Вальцовочное соединение			

Продолжение табл. 6.3.5

Название модели в комплекте			FDU808HES-S	FDU1008HES-S
Название внутреннего блока			FDU808	FDU1008
Название наружного блока			FDC808HES3	FDC1008HES3
Источник питания			3 фазы, 380/415 В, 50 Гц	
Холодопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	20 000	25 000
Теплопроизводительность	JIS (ISO-T1)	Вт	21 200	28 000
Уровень звуковой мощности		дБ(А)	48 (58)	49 (58)
Габаритные размеры (выс.× шир.× глуб)		мм	360×1570×830 (1450×1350×600)	
Масса нетто		кг	92 (185)	92 (195)
Масса хладагента		кг	5,33	7,6
Поток воздуха		$м^3$/мин	51 (80)	68 (180)
Мощность электродвигателя		Вт	200×2(100×2)	230×1270×1 (100×2)
Возможное статическое давление		Па	Стандарт: 100, максимум 200	
Забор свежего воздуха			Возможен	
Трубопровод для хладагента	Диаметр	мм	12,7/25,4	15,88/28,58
	Способ соединения		Вальцовочное соединение	

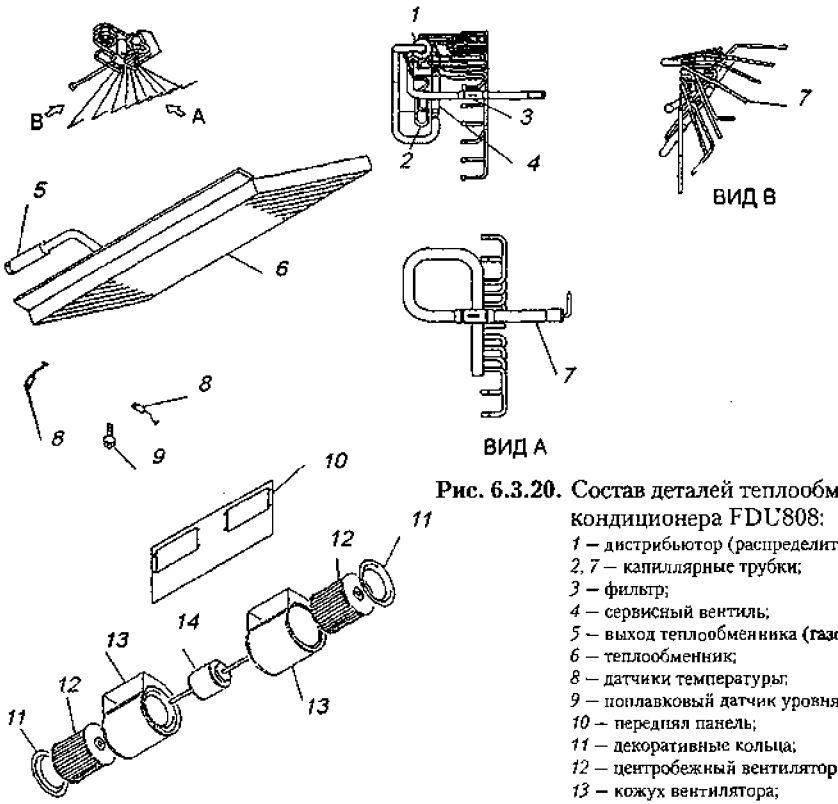


Рис. 6.3.20. Состав деталей теплообменника кондиционера FDU808:

1 – дистрибьютор (распределитель);
2, 7 – капиллярные трубки;
3 – фильтр;
4 – сервисный вентиль;
5 – выход теплообменника (газовая труба);
6 – теплообменник;
8 – датчики температуры;
9 – поплавковый датчик уровня конденсата;
10 – передняя панель;
11 – декоративные кольца;
12 – центробежный вентилятор;
13 – кожух вентилятора;
14 – электродвигатель

IBIK

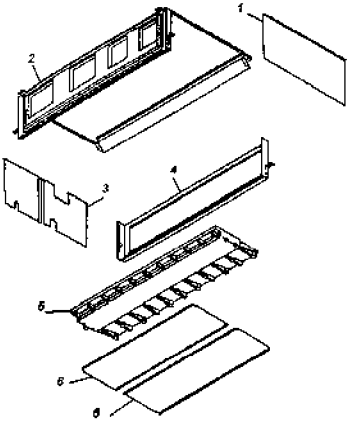


Рис. 6.3.21. Состав корпусных деталей кондиционера FDU808:
1, 3 – боковые панели;
2 – передняя панель;
4 – задняя панель;
5 – поддон для сбора конденсата;
6 – нижняя панель

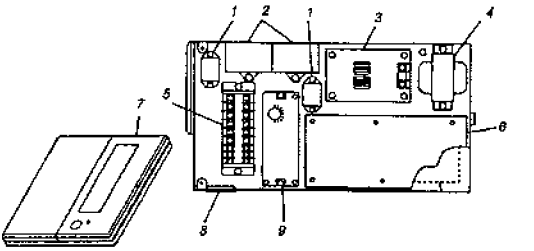


Рис. 6.3.22. Состав деталей электронного блока управления кондиционером FDU808:
1 – реле;
2 – электрические конденсаторы;
3 – помехоподавляющий фильтр;
4 – трансформатор;
5 – клеммная колодка;
6 – печатная плата;
7 – пульт управления;
8 – втулка резиновая;
9 – блок управления вентилятором

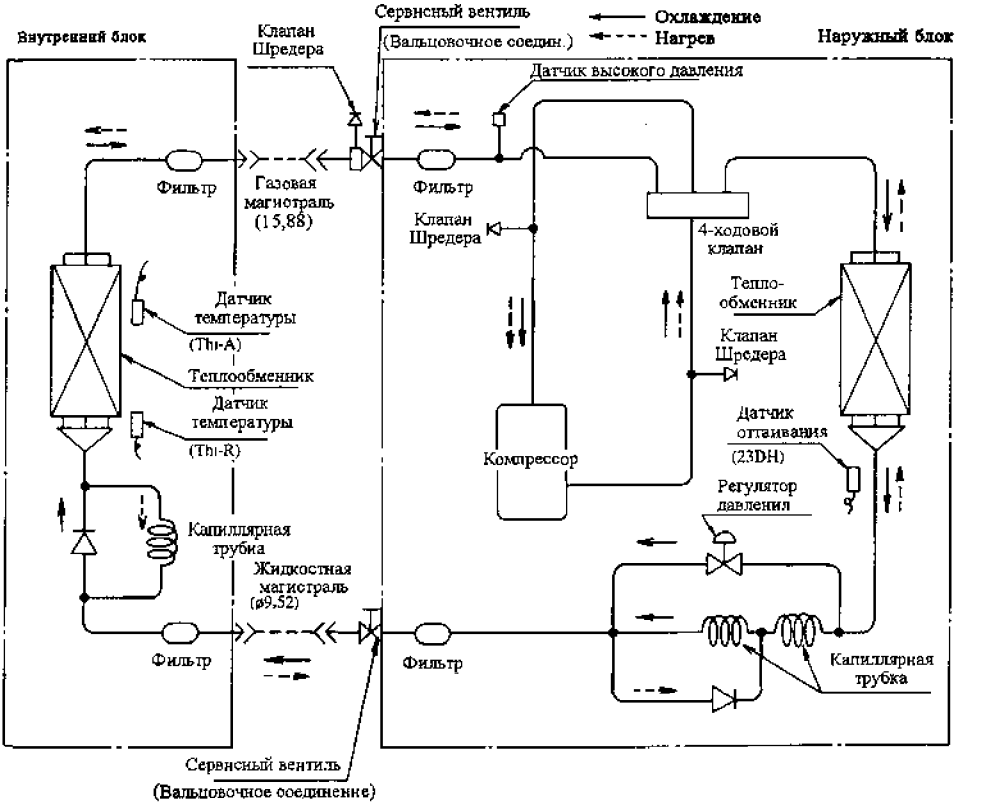


Рис. 6.3.23, *а*. Схема гидравлическая канальных кондиционеров типа FDU308,408

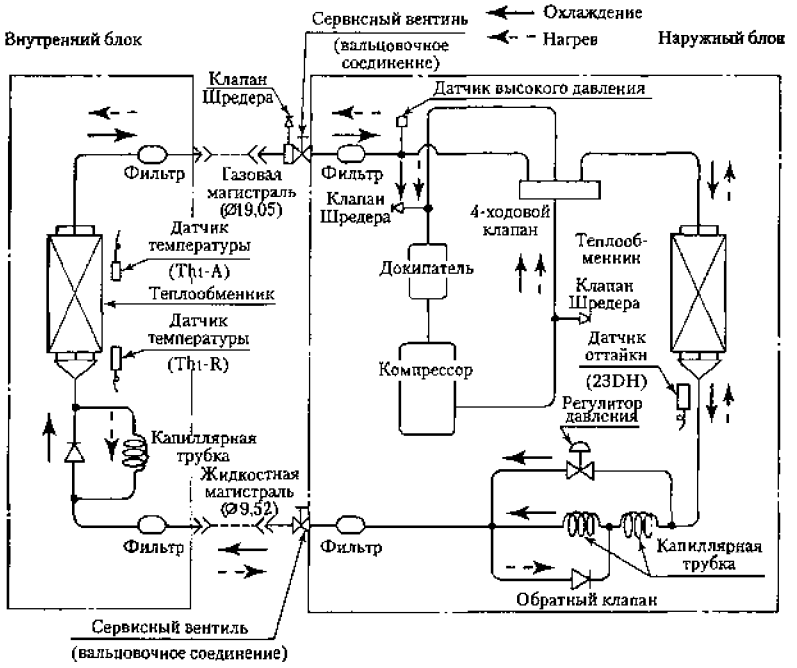


Рис. 6.3.23, *б*. Схема гидравлическая канальных кондиционеров типа FDU508

FDU808HES-SA, 1008HES-SA

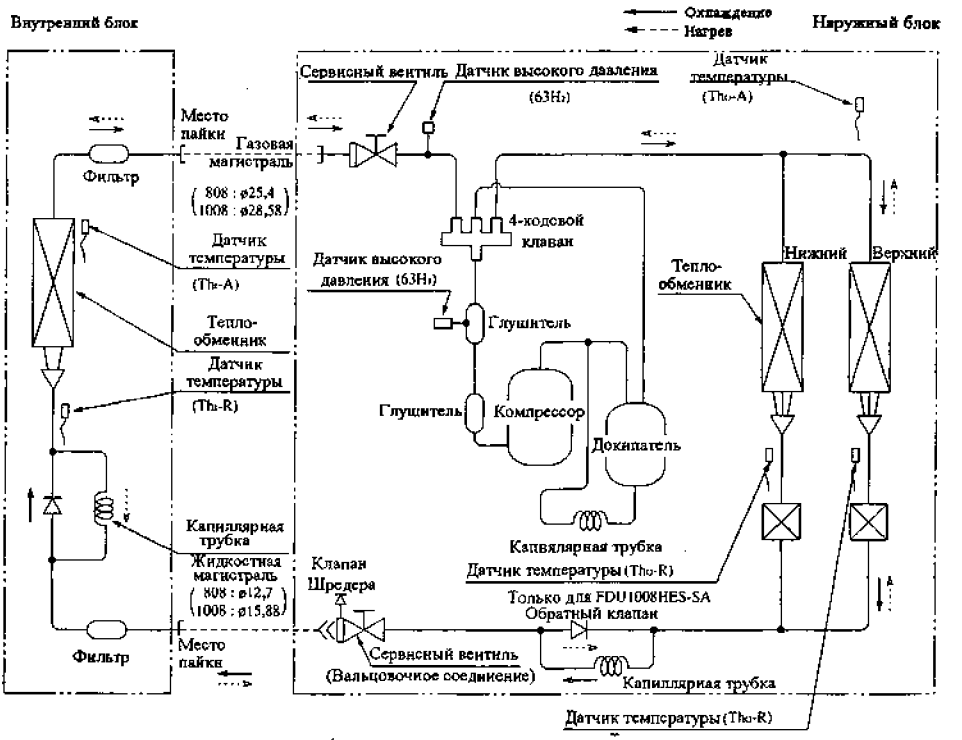


Рис. 6.3.24. Гидравлическая схема канальных кондиционеров типа FDU808/1008

IBIK

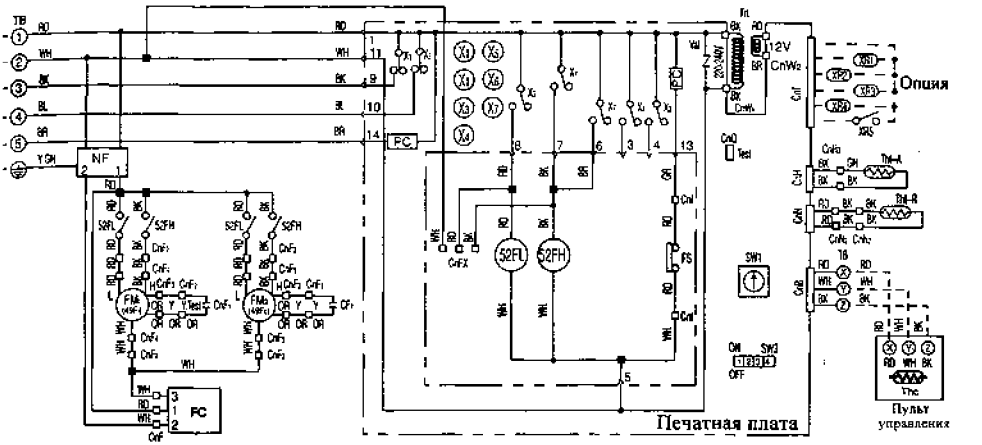


Рис. 6.3.25. Принципиальная электрическая схема внутреннего блока кондиционеров FDU808/1008

Отличительной особенностью кондиционеров типа FDU808/1008HES является увеличенный теплообменник производительностью 20–25 кВт, состоящий из двух частей.

Давление конденсации регулируется путем изменения скорости вращения вентиляторов по команде датчика $63H_2$. Внутренний блок

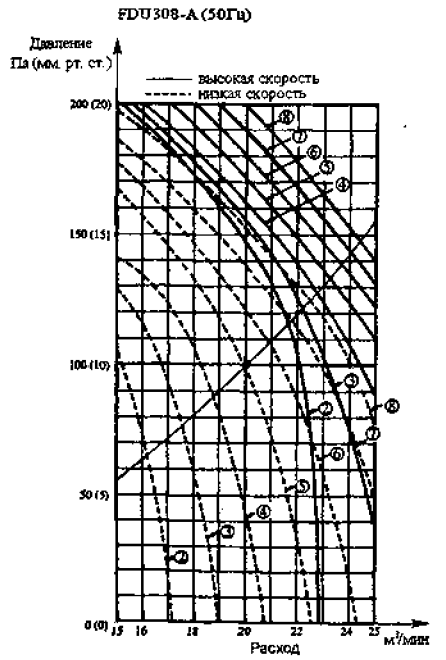


Рис. 6.3.26. Напорные характеристики вентиляторов кондиционера типа FDU308

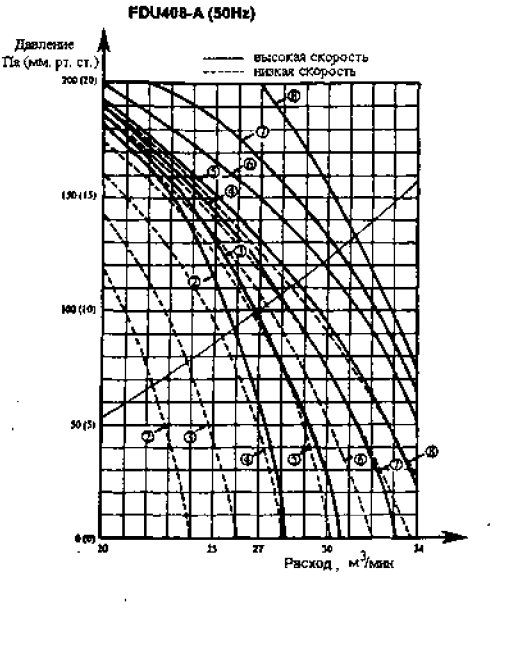


Рис. 6.3.27. Напорные характеристики вентиляторов кондиционера типа FDU408

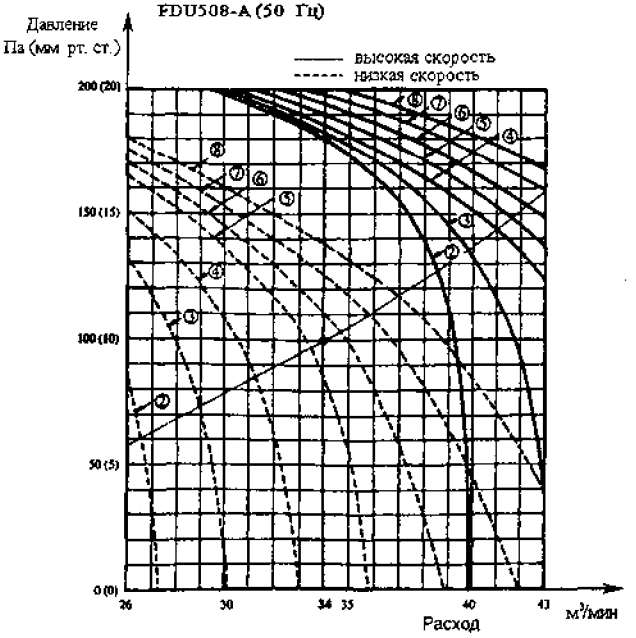


Рис. 6.3.28. Напорные характеристики вентиляторов кондиционера типа FDU508

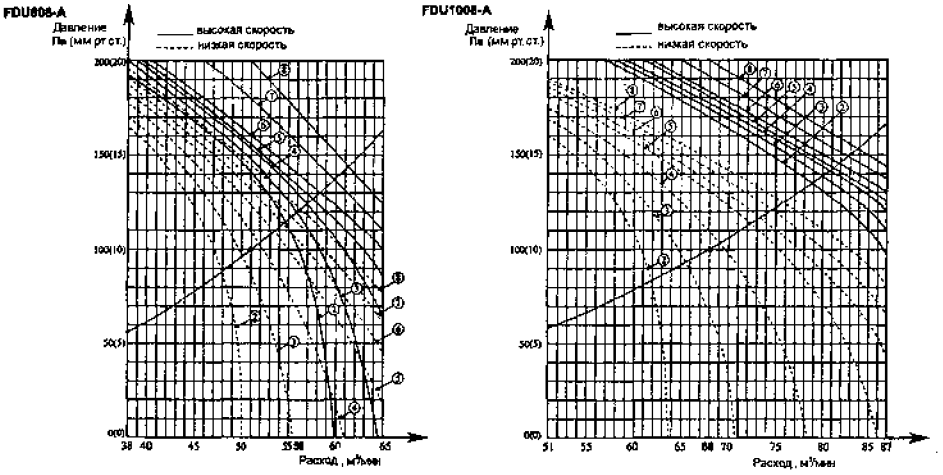


Рис. 6.3.29. Напорные характеристики вентиляторов кондиционера типа FDU808/1008

имеет 2 вентилятора высокого статического давления (до 200 Па). В зависимости от конкретных условий и выставленной оператором скорости процессор (FC, рис. 6.3.25) автоматически устанавливает одну из возможных 16 скоростей вращения вентиляторов.

IBIK

Напорные характеристики вентиляторов приведены на рис. 6.3.26, 6.3.27, 6.3.28 и 6.3.29. Благодаря увеличенному числу высокоточных лопастей вентиляторов и шумопоглощающей конструкции корпуса кондиционеры работают с низким уровнем шума. Модель FDU308, имеющая уровень звуковой мощности 41 дБ(А), является самой тихой моделью из всей серии FDU. Используется безредукторный вентиляторный двигатель, который отличается высокой производительностью и надежностью.

6.3.5. НАПОЛЬНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Напольные кондиционеры устанавливаются в помещениях различного назначения: жилых домах, административных и производственных помещениях, предприятиях общественного питания, медицинских учреждениях и др. Места установки — непосредственно на полу, под окнами, в нишах и т. д. На рис. 6.3.30 показан пример расположения напольного кондиционера в кафе.

Напольные кондиционеры фирмы Mitsubishi Heavy Industries имеют шифр FDF или FDFL. Технические характеристики этих кондиционеров приведены в таблице 6.3.6.

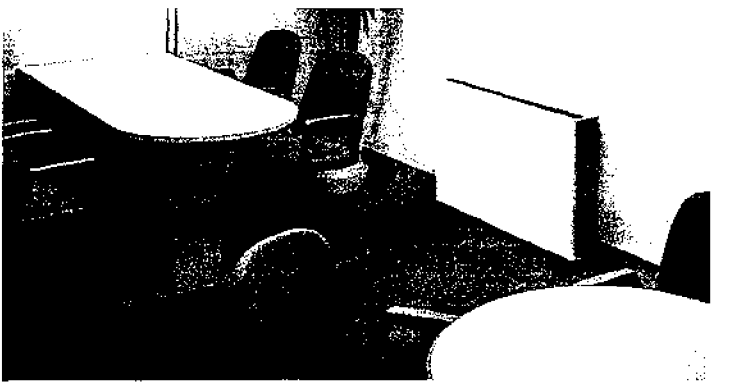


Рис. 6.3.30. Расположение напольного кондиционера в кафе

Таблица 6.3.6. Технические характеристики напольных кондиционеров FDF и FDFL

Параметр \ Модель			FDF308	FDF508	FDFL258	FDFL308
Источник питания			1 фаза, 220 В, 50 Гц	3 фазы, 380 В, 50 Гц	1 фаза, 220 В, 50 Гц	1 фаза, 220 В, 50 Гц
Холодопроизводительность		Вт	7100	12500	5700	7100
Теплопроизводительность		Вт	7300	14000	6100	8000
Уровень звуковой мощности (высокая/низкая скорость)		дБ(А)	40/35	49/45	44/39	45/39
Габаритные размеры (выс.×шир.×глуб.)		мм	1850×600×350	1850×600×350	(650+50)×1260×184	
Масса нетто		кг	43	46	33	
Расход воздуха (высокая/низкая скорость)		м³/мин	18/13	28/23	16/10,5	16/11,5
Фреоновая магистраль	Газ	мы	15,88	19,05	15,88	
	Жидкость		9,52	9,52	9,52	

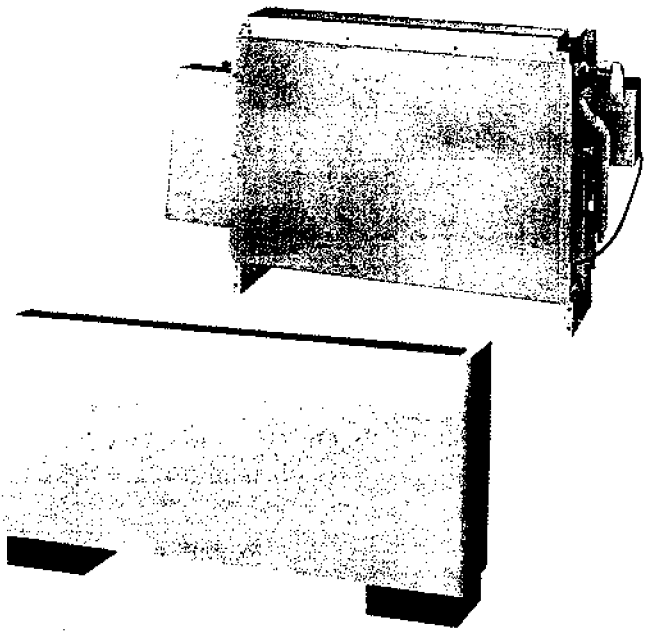


Рис. 6.3.31. Внешний вид кондиционеров типа FDFL (бескорпусное и корпусное исполнения)

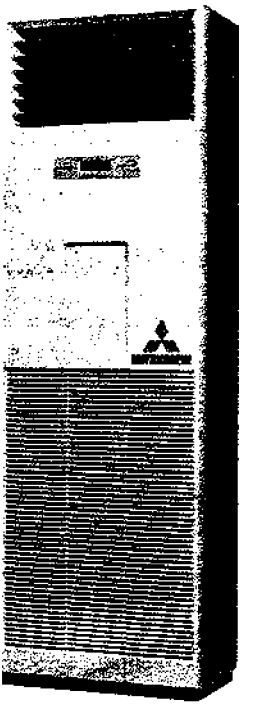


Рис. 6.3.32. Внешний вид кондиционеров типа FDF

Кондиционеры типа FDFL могут поставляться в корпусном или бескорпусном исполнении (рис. 6.3.31). Кондиционеры в бескорпусном исполнении устанавливаются в нишах под окнами и закрываются декоративными панелями. При этом необходимо обеспечить свободный доступ и выход воздуха из кондиционера.

Максимальная длина фреоновой магистрали — 50 м. Максимальный перепад по вертикали между внутренним и наружным блоками — 30 м, если наружный блок расположен выше внутреннего, и 15 м, если наружный блок расположен ниже внутреннего.

Схемы гидравлические и электрические аналогичны кондиционерам типа FDU.

Состав основных деталей кондиционера FDF показан на рис. 6.3.33, 6.3.34 и 6.3.35.

IBIK

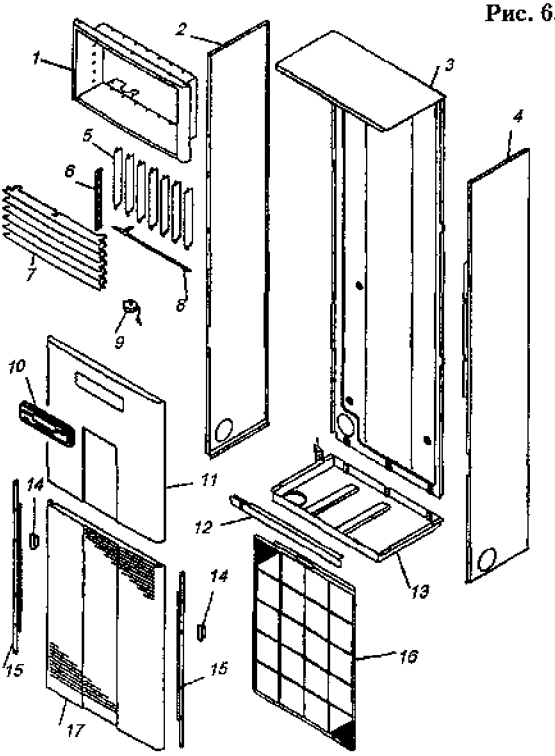


Рис. 6.3.33. Состав корпусных деталей кондиционера FDF508:
1 — обечайка;
2, 4 — боковая панель;
3 — задняя панель;
5 — вертикальные жалюзи;
6 — привод горизонтальных жалюзи;
7 — горизонтальные жалюзи;
8 — привод вертикальных жалюзи;
9 — электродвигатель привода горизонтальных жалюзи;
10 — пульт управления;
11, 17 — элементы передней панели;
12 — планка;
13 — поддон для слива кондеисата;
14 — магнитные защелки;
15 — направляющие воздушного фильтра; *16* — воздушный фильтр

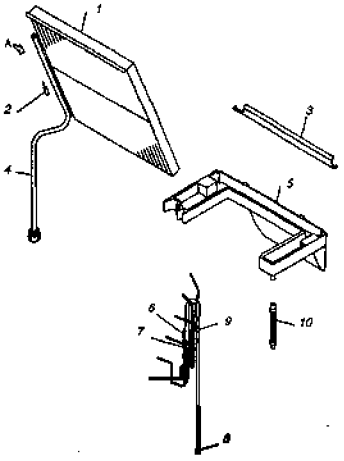


Рис. 6.3.34. Состав деталей теплообменника кондиционера FDF508:
1 — теплообменник; *2* — датчик температуры; *3* — планка; *4* — выходная трубка теплообменника; *5* — обечайка;
6 — капиллярная трубка;
7 — дистрибьютор (распределитель);
8 — входная трубка теплообменника

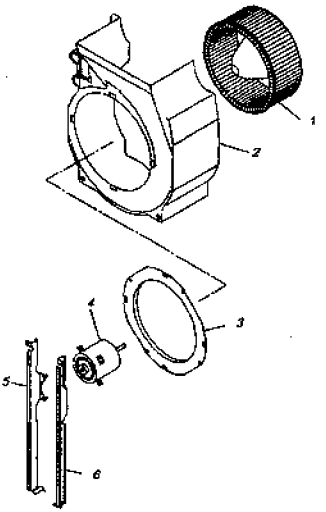


Рис. 6.3.35. Состав деталей вентиляторной секции кондиционера FDF508:
1 — центробежный вентилятор;
2 — корпус вентилятора;
3 — раструб;
4 — электродвигатель вентилятора;
5, 6 — планки крепления вентилятора

6.3.6. ОДНОЗОНАЛЬНЫЕ МУЛЬТИСПЛИТ-СИСТЕМЫ

В ряде случаев необходимо кондиционировать помещения нестандартной формы (П-образные, Г-образные) или большие помещения с переменной тепловой нагрузкой. К этой категории помещений относятся, например, выставочные залы, где при смене экспозиции изменяется распределение тепловыделений, конференц-залы, кафе, магазины и аналогичные помещения. Для таких объектов фирма Mitsubishi Heavy Industries выпускает кондиционеры серии V-multi.

В серию V-multi входят внутренние блоки типа FDT (потолочные) и FDR (канальные), а также наружные блоки типа FDC508H и FDC808/1008H (рис. 6.3.37). Номинальная производительность блоков FDC508H — 12,5 кВт, FDC808H — 20 кВт и FDC1008H — 25 кВт.

Технические характеристики внутренних блоков приведены в табл. 6.3.7.

Таблица 6.3.7. Технические характеристики внутренних блоков кондиционеров серии V-multi

Параметр \ Модель			FDT208	FDT258	FDT308	FDT408	FDT508
Источник питания			1 фаза, 220/240 В, 50 Гц				
Номинальная холодопроизводительность		Вт	5000	5700	7100	10000	12000
Номинальная теплопроизводительность		Вт	5400	6100	8000	11200	14000
Уровень звуковой мощности		дБ (А)	38–33	39–35	41–35	48–40	49–43
Габаритные размеры (выс×шир×глуб)	блок	мм	215×700×700	260×840×840		320×840×840	
	панель	мм	26×800×800	30×950×950		30×950×950	
Масса нетто		кг	23 (18/5)	30 (24/6)		34 (28/6)	36 (30/6)
Мощность двигателя		Вт	30×1	25×1	30×1	80×1	130×1
Воздушный поток		м³/мин	14–10	16–11	17–12	26–19	28–20
Воздухозаборник			имеется				
Количество воздушных фильтров			Долгосрочный фильтр×1 (моющийся)				
Управление			Дистанционное управление (опционально: RCD-H-S-E)				
Диаметр трубы хладагента	жидкость	мм (дюйм)	Ø6,35 (1/4")	Ø9,52 (3/8")			
	газ	мм (дюйм)	Ø15,88 (5/8")			Ø19,05 (3/4")	
Метод соединения			Вальцовочное соединение				

Интерьер с кондиционерами серии V-multi приведен на рис. 6.3.36, а внешний вид внутренних блоков типов FDT и FDR — на рис. 6.3.37.

Пример расположения кондиционера серии V-multi в помещении сложной конфигурации с разнотипными внутренними блоками показан на схеме (рис. 6.3.38).

К одному наружному блоку можно подключить 2, 3 или 4 внутренних блока. Возможна комплектация внутренних блоков как разной производительности одинакового или разного типа, так и одинаковой производительности и разных типов. Допустимые длины фреоновых магистралей и перепады высот между наружными и внутренними блоками указаны на рис. 6.3.39.

IBIK



Рис. 6.3.36. Интерьер с кондиционерами серии V-multi

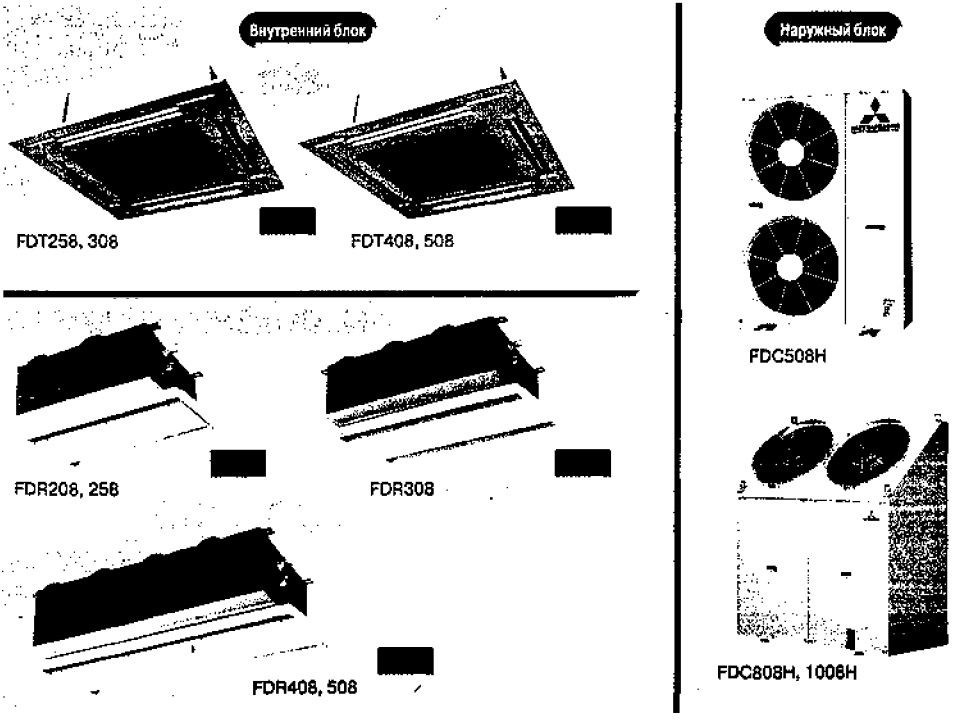


Рис. 6.3.37. Внешний вид блоков типа V-multi

IBIK

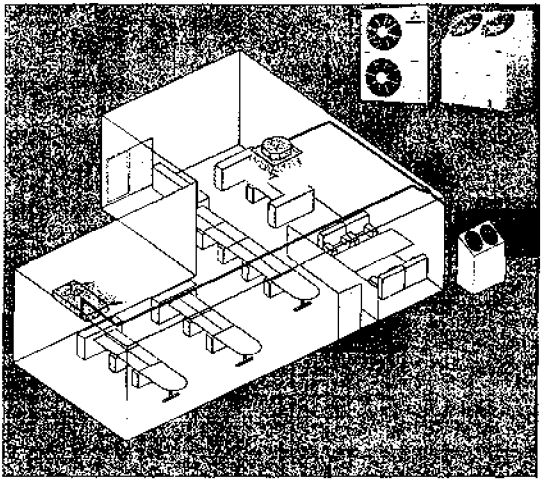


Рис. 6.3.38. Расположение кондиционера серии V-multi в помещении сложной конфигурации

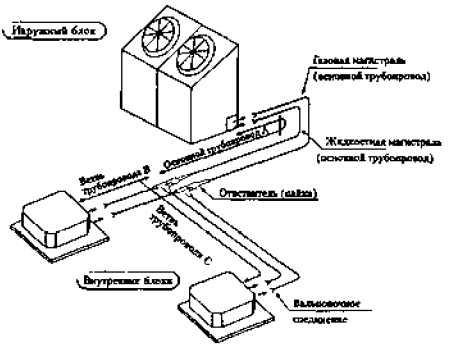


Рис. 6.3.39, *а*. Фреоновая магистраль кондиционеров V-multi: парный тип

(а) парный тип

Длина трубопровода в одну сторону:

FDC508: $L = A + B + C \le 50$ м;

FDC508, 1008: $L = A + B \le 50$ м;

$L = A + C \le 50$ м.

Длина трубопровода после ответвлений:

$|B - C| \le 10$ м,

$B \le 30$ м,

$C \le 30$ м.

Допустимые перепады по высоте:

- между внутренними блоками — до 4 м;
- между наружными и внутренним блоками:
  - если наружный блок расположен выше внутреннего — до 30 м;
  - если наружный блок расположен ниже внутреннего — до 15 м.

IBIK

(б) тройной тип

Длина трубопровода в одну сторону FDC808, 1008: $L = A + B \le 50$ м;
$L = A + C \le 50$ м;
$L = A + D \le 50$ м.

Длина трубопровода после ответвлений:

$|B - C| \le 10$ м,
$|B - D| \le 10$ м,
$|C - D| \le 30$ м,
B 30 м, $C \le 30$ м,
$D \le 30$ м.

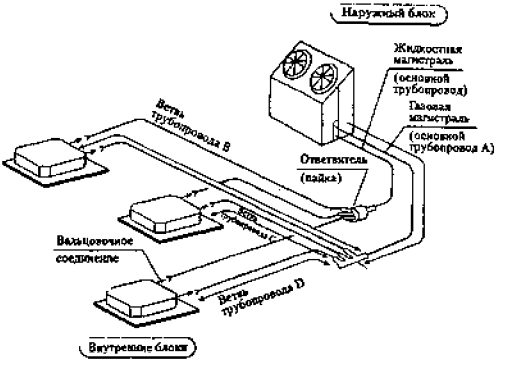


Рис. 6.3.39, *б*. Фреоновая магистраль кондиционеров V-multi: тройной тип

Допустимые перепады по высоте:

- между внутренними блоками — до 4 м;
- между наружными и внутренним блоками:ч
  - если наружный блок расположен выше внутреннего — до 30 м;
  - если наружный блок расположен ниже внутреннего — до 15 м.

(в) сдвоенный парный тип

Длина трубопровода в одну сторону FDC808, 1008: $L = A + C + D \le 50$ м;
$L = A + C + E \le 50$ м;
$L = A + B + F \le 50$ м;
$L = A + B + G \le 50$ м.

Длина ветви B + длина ветви C — до 15 м; длина второй ветви $(D + E + F + G)$ — до 50 м.

Перепады по высоте между первым ответвителем и каждым внутренним блоком — до 10 м.

Допустимые перепады по высоте:

- между внутренними блоками — до 4 м;
- между наружными и внутренним блоками:
  - если наружный блок расположен выше внутреннего — до 30 м;
  - если наружный блок расположен ниже внутреннего — до 15 м.

Во внутренние блоки встроены дренажные насосы, которые обеспечивают подъем конденсата на высоту 700 мм, производительность насоса — 600 г/мин.

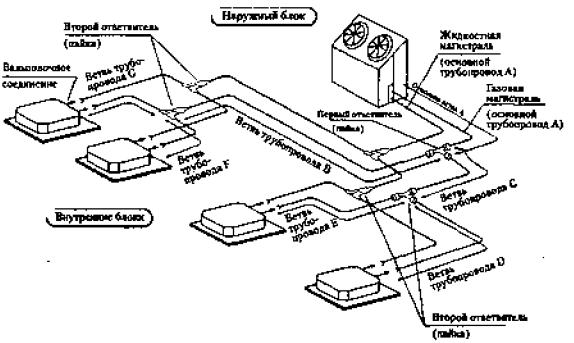


Рис. 6.3.39, *в*. Фреоновая магистраль кондиционеров V-multi: сдвоеный парный тип

Низкий уровень звука обеспечивается за счет применения специально разработанных вентиляторов и шумопоглощающей панели. Такие кондиционеры идеальны для использования в помещениях, требующих тишины: конференц-залах, офисах или в спальнях.

Декоративная панель включает звукопоглощающие элементы и удлиняющую вставку, которые обеспечивают низкий уровень шума и гибкость при монтаже кондиционеров.

Вентиляторы внутренних блоков создают достаточно высокое статическое давление.

Схема фреоновой магистрали при наличии 4 внутренних блоков приведена на рис. 6.3.40 (слева). Для кондиционеров серии V-multi необходимо применять специальные ответвители (рис. 6.3.40, справа.) Расположение ответвителей только горизонтальное.

Таблица 6.3.8. Статическое давление вентиляторов кондиционеров FDR серии V-multi, Па (мм рт. ст.)

Трубопровод		Круглый воздуховод [1]		Стандарт [2]		Прямоугольный воздуховод [3]	
Воздушный поток ($м^3$/мин) / Тип		Стандарт	Высокая скорость [4]	Стандарт	Высокая скорость [4]	Стандарт	Высокая скорость [4]
FDR208H	14			50 (5)	85 (8,5)	50 (5)	90 (9)
FDR258H	18	30 (3)	65 (6,5)	45 (4,5)	80 (8)	50 (5)	85 (8,5)
FDR308H	20	20 (2,0)	60 (6)	45 (4,5)	80 (8)	50 (5)	85 (8,5)
FDR408H	28	40 (4)	70 (7)	50 (5)	80 (8)	50 (5)	85 (8,5)
FDR508H	34	40 (4)	70 (7)	50 (5)	80 (8)	55 (5,5)	85 (8,5)

[1] Круглые воздуховоды открыты, на входе установлена декоративная решетка.

[2] Стандарт: круглый воздуховод диаметром 200 мм установлен на всех выходных отверстиях.

[3] Круглый воздуховод заменен прямоугольным через переходник (опция).

[4] Для перехода на высокую скорость необходимо поменять местами красный и белый проводники, подведенные к вентиляторам с блока управления.

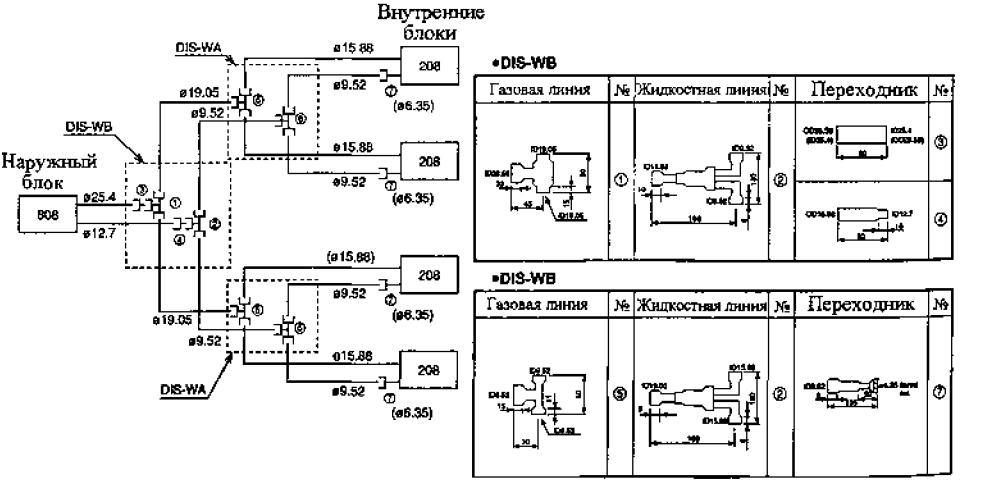


Рис. 6.3.40. Схема разводки кондиционеров серии V-multi с применением ответвителей

IBIK

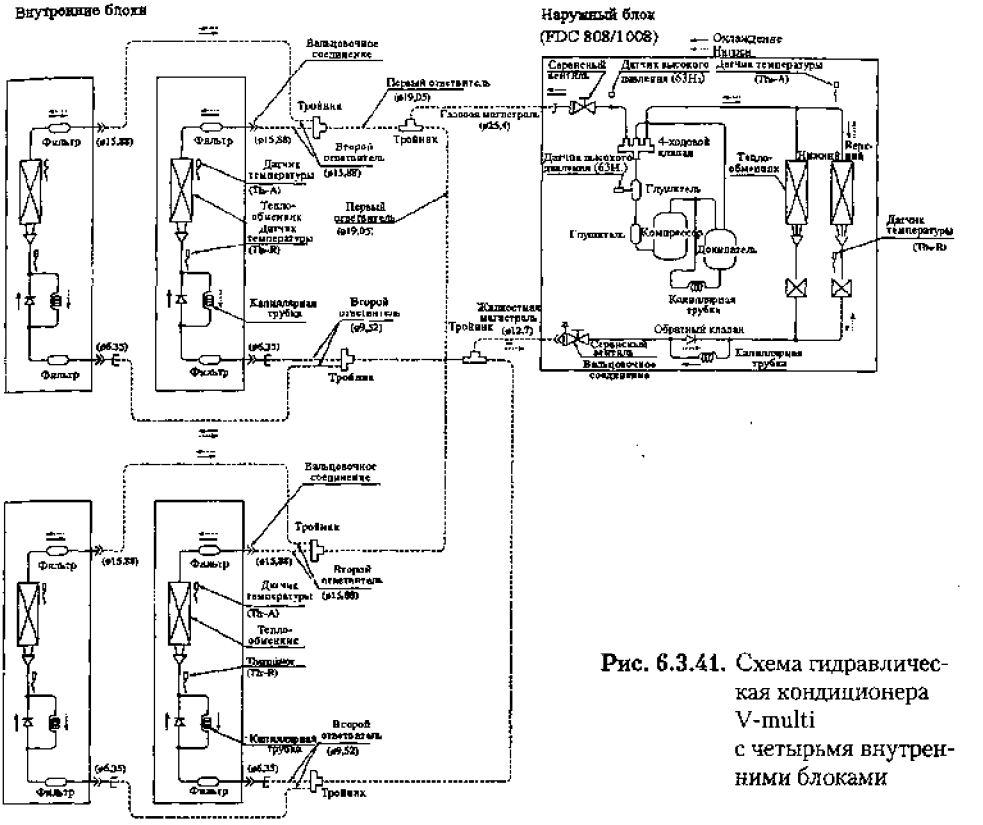


Рис. 6.3.41. Схема гидравлическая кондиционера V-multi с четырьмя внутренними блоками

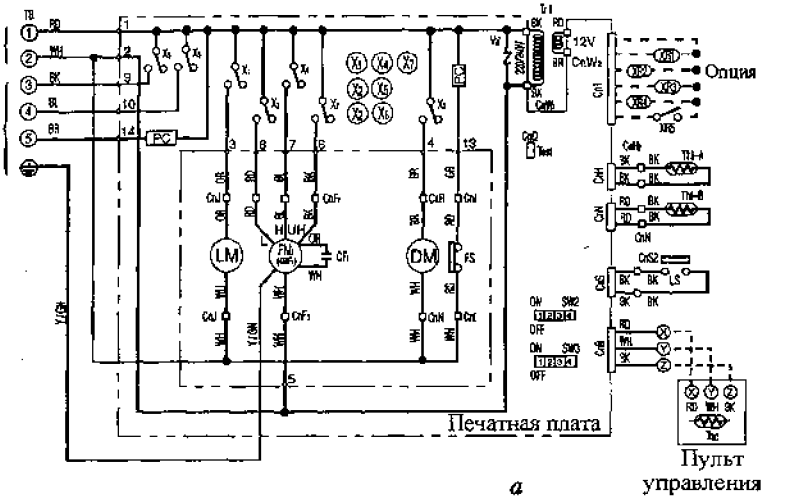
Электрическая схема блоков типа FDT и FDR приведена на рис. 6.3.42, а схема соединений — на рис. 6.3.43.

Питание наружного блока трехфазное. Величина токов срабатывания автоматических выключателей и сечение проводов питания указаны в нижеприведенной таблице.

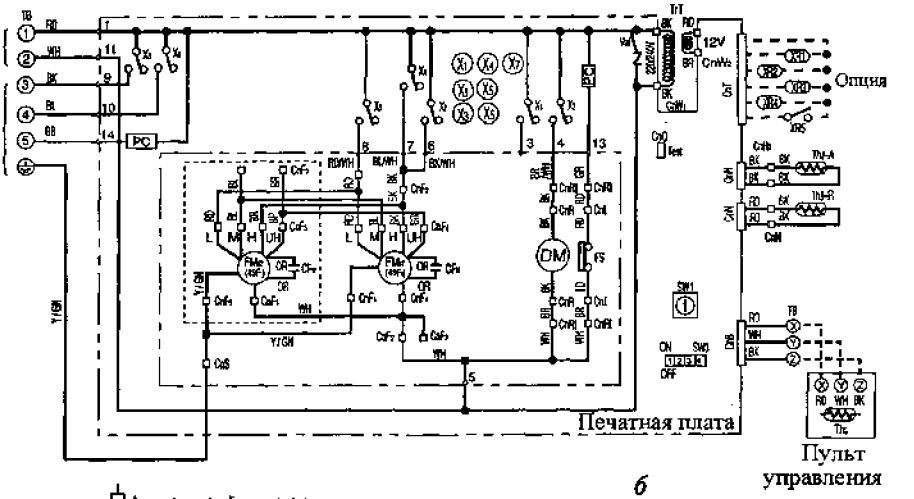
Наружный блок	Автомат защиты		Сечение проводов питания (мм²)	Сечение проводов нуль, земля (мм²)
	Выключатель (А)	Автоматический выключатель (А)		
FDC508HENS	30	20	5,5	1,6
FDC808HENS	50	50		2,0

Питание внутренних блоков производится от наружного блока (выводы 1 и 2).

Все блоки управляются одним пультом. Выводы X, Y, Z всех блоков соединяются параллельно, и к ним подключается пульт управления. Регулировка температуры производится по команде одного из внутренних блоков, который назначается главным. Другие блоки определяются как подчиненные. Назначение главного и подчиненных блоков производится установкой в каждом внутреннем блоке переключателей SW2–3 и SW2–4 в определенное положение, как указано в таблице ниже.



а



б

Рис. 6.3.42. Принципиальная электрическая схема кондиционера V-multi: *а* – FDT, *б* – FDR

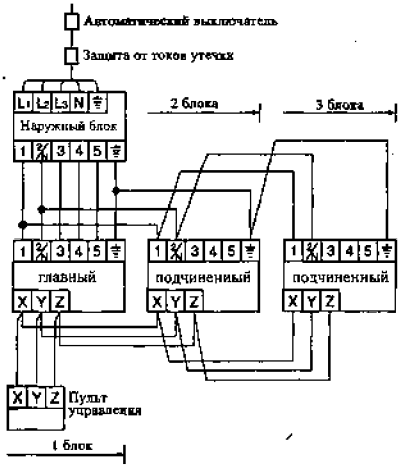


Рис. 6.3.43. Схема соединений кондиционера V-multi

IBIK

Переключатель	Внутренний блок			
	Главный	Подчиненный 1	Подчиненный 2	Подчиненный 3
SW2-3	ВКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ
SW2-4	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ

6.3.7. КРЫШНЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

Крышные кондиционеры изготавливают в виде моноблоков, они предназначены для установки на крышах зданий. Кроме того, крышные кондиционеры могут устанавливаться на рамах возле зданий на любой высоте. При этом необходимо проследить, чтобы в кондиционер потоком воздуха не затягивались пыль, листья деревьев и т. п. Крышные кондиционеры имеют большой диапазон производительности — до 100 кВт с расходом воздуха от 1 500 до 25 000 м^3/ч. Поэтому они используются как для поддержания температуры, так и для вентиляции помещений.

Воздух нагнетается в кондиционер вентилятором (рис. 6.3.44, поток *1*), фильтруется, охлаждается или нагревается и подается в помещение (поток *2*).

Для организации рециркуляции воздуха перед кондиционером устанавливается смесительная камера, в которую поступает часть воздуха из помещения, а также часть свежего воздуха. Соотношение рециркуляционного и свежего воздуха регулируется электрически управляемыми заслонками.

Некоторые кондиционеры имеют встроенную смесительную камеру. Для подогрева воздуха в воздуховоде может устанавливаться водяной или электрический нагреватель. После обработки воздух по воздуховодным каналам подается в помещение. Для охлаждения конденсатора используется поток наружного воздуха, который создается отдельным вентилятором (поток *3* — забор воздуха для охлаждения конденсатора, поток *4* — выброс).

Крышные кондиционеры имеют следующие преимущества:

- простота конструкции;
- компактность;
- высокая степень надежности;
- экономичность в эксплуатации.

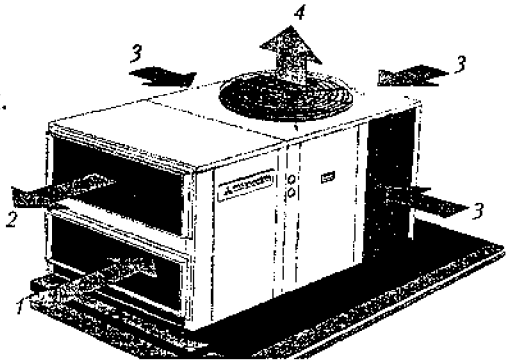


Рис. 6.3.44. Схема воздухообмена в крышном кондиционере:
1 — обратный поток воздуха (из помещения);
2 — поток, поступающий в помещение;
3 — входной поток охлаждения конденсатора; *4* — выходной поток охлаждения конденсатора

IBIK

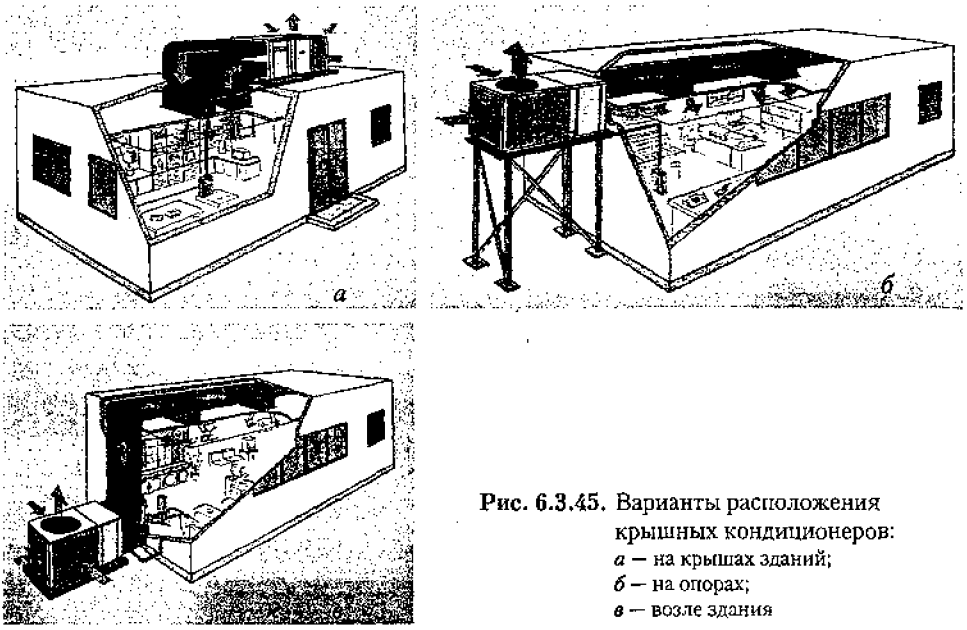


Рис. 6.3.45. Варианты расположения крышных кондиционеров:
а — на крышах зданий;
б — на опорах;
в — возле здания

Фирма CLIVET выпускает крышные кондиционеры малой (8–22 кВт), средней (28–80 кВт) и большой (47–130 кВт) производительности. Кондиционеры малой производительности не имеют смесительной камеры. Крышные кондиционеры фирмы CLIVET могут быть как с тепловым насосом, так и без него.

Фирма Mitsubishi Heavy Industries выпускает крышные кондиционеры как без теплового насоса (тип DR), так и с тепловым насосом (DRH) холодопроизводительностью от 15 до 60 кВт.

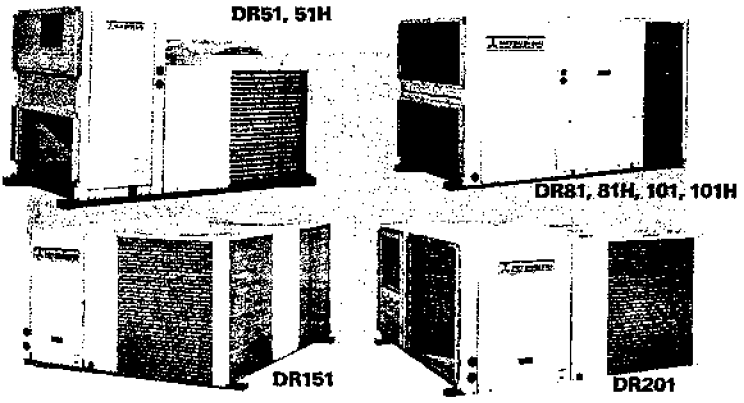


Рис. 6.3.46. Крышные кондиционеры фирмы Mitsubishi Heavy Industries

IBIK

Таблица 6.3.9. Технические характеристики крышных кондиционеров Mitsubishi Heavy Industries

Параметры		Модель	Кондиционер (только охлаждение)					Тепловой насос		
			DR51	DR81	DR101	DR151	DR201	DR51H	DR81H	DR101H
Источник питания		ЕА	380/400/415В 50Гц					380/400/415В 50Гц		
Холодопроизводительность		кВт	15,6	21,7	32,0	43,5	58,8	15,6	21,7	31,0
Теплопроизводительность		кВт	—	—	—	—	—	16,5	22,9	32,8
Размеры высота×ширина×глубина		мм	890×1355×820	985×1625×950		985×1600×2100	985×1800×2100	890×1355×820	985×1625×950	
Масса		кг	180	250	285	490	580	185	255	295
Компрессор	тип		Герметичный поршневой					Герметичный поршневой		
	модель		СВ64	СВ90	СВ125	СВ90 2шт.	СВ100 2шт.	СВ64	СВ90	СВ125
	эл. двигатель	кВт	3,75	6,5	9,0	6,5×2	7,5×2	3,75	6,5	9,0
Хладагент (R22)	масса	кг	2,8	3,3	5,8	4,3×2	6,3×2	3,0	4,1	6,6
	регулятор подачи		Капиллярная трубка			ТРВ		Капиллярная трубка		
Расход воздуха		м³/мин	52	78	95	140	185	52	78	95
Статическое давление		Па	100			190	250	100		
Потребляемая мощность вентилятора		кВт	0,75		1,5	3,7		0,75		1,5

Кондиционеры могут поставляться с различной комплектацией электродвигателей вентиляторов (0,75 кВт или 1,5 кВт). Это позволяет при одном и том же расходе воздуха увеличить статическое давление потока в два раза (рис. 6.3.47).

Имеется возможность плавно регулировать подачу воздуха путем изменения передаточного числа электродвигатель–вентилятор, изменяя диаметр шкива, расположенного на электродвигателе.

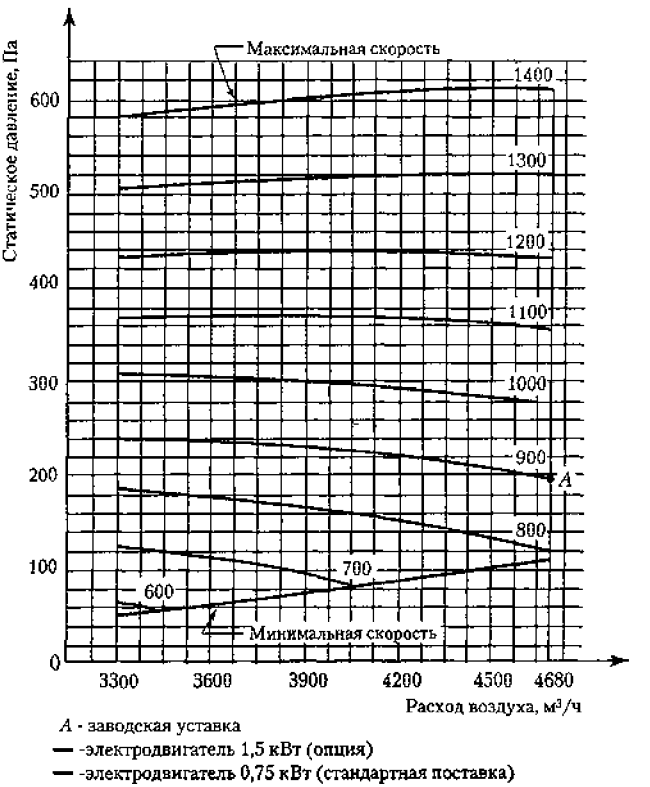


Рис. 6.3.47. Характеристика вентилятора крышного кондиционера DR81

6.3.8. ПРЕЦИЗИОННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ

6.3.8.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПРЕЦИЗИОННЫМ КОНДИЦИОНЕРАМ

Прецизионные кондиционеры применяются там, где необходимо поддерживать температуру и влажность с высокой точностью. Основные объекты, требующие прецизионного кондиционирования,– это музеи, фармацевтические производства, банковские помещения с автоматами пересчета денег, компьютерные залы, телефонные станции, медицинские учреждения, чистые помещения полупроводниковой промышленности и др.

Прецизионные кондиционеры обеспечивают:

- точность поддержания температуры ±1 К;
- точность поддержания влажности ± 2 %;
- повышенную степень очистки воздуха от пыли;
- возможность работы в широком диапазоне температур наружного воздуха (от –35 до +45 °С);
- высокую надежность при непрерывной работе;
- совместимость с системами диспетчерского контроля и управления микроклиматом здания.



Рис. 6.3.48. Прецизионные шкафные кондиционеры фирмы UNIFLAIR

Прецизионные кондиционеры холодопроизводительностью от 3 до 140 кВт производятся фирмами AIREDALE (Великобритания), UNIFLAIR (Италия) и др.

Прецизионные кондиционеры, как правило, выполняются в виде шкафной конструкции.

В шкафу, расположенном в помещении, собран весь холодильный контур (кроме конденсатора), система автоматического контроля и регулирования (рис. 6.3.49).

Воздух может подаваться непосредственно в помещение или через воздухораспределительную сеть. Возможные варианты подачи забора воздуха в кондиционерах фирмы UNIFLAIR представлены на рис. 6.3.50.

IBIK

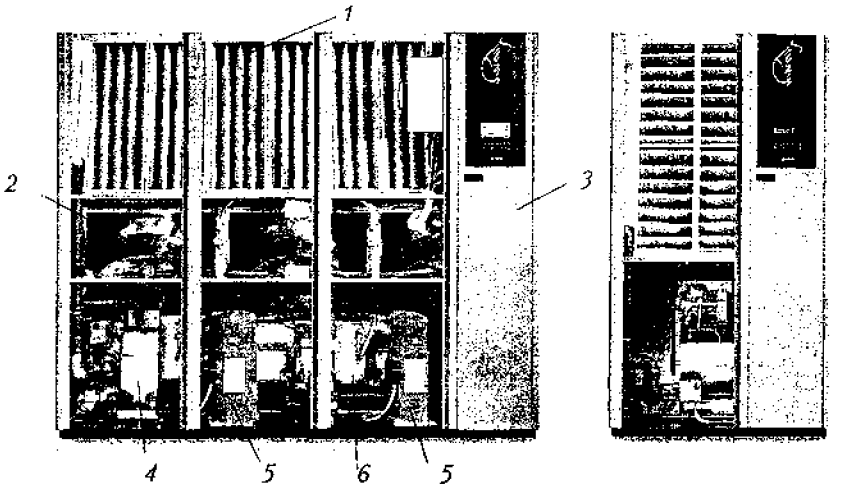


Рис. 6.3.49. Конструкция шкафного прецизионного кондиционера:
1 — теплообменник;
2 — блок вентилятора;
3 — шкаф управления;
4 — парогенератор;
5 — компрессор;
6 — докипатель

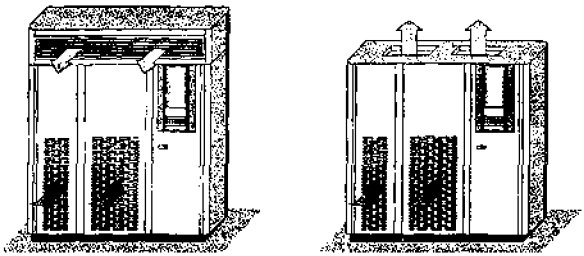
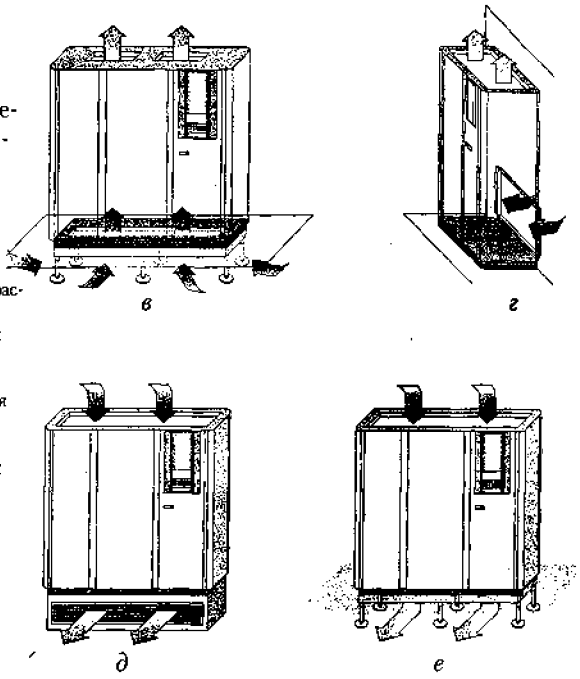


Рис. 6.3.50. Варианты подачи и забора воздуха в прецизионных кондиционерах фирмы UNIFLAIR:
а — фронтальный забор и фронтальная подача;
б — фронтальный забор — верхняя подача в воздухораспределительную сеть;
в — нижний забор — верхняя подача в воздухораспределительную сеть;
г — тыльный забор — верхняя подача в воздухораспределительную сеть;
д — верхний забор — нижняя фронтальная подача;
е — верхний забор — нижняя подача



6.3.8.2. ПРЕЦИЗИОННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИСПАРЕНИЯ

Прецизионные кондиционеры непосредственного испарения являются наиболее простыми и поэтому самыми распространенными (рис. 6.3.51). Во внутреннем блоке, находящемся в помещении, расположены компрессор (*5*), испаритель (*1*), терморегулирующий вентиль (*2*), центробежный вентилятор (*4*) и система автоматического управления. Выносной конденсатор (*3*) охлаждается наружным воздухом с помощью осевого вентилятора. Так как компрессор располагается внутри помещения, то температура наружного воздуха не влияет на работу кондиционера, в результате чего точность поддержания температуры повышается.

На рис. 6.3.51, *б* представлен кондиционер с промежуточным теплообменником. Одна часть теплообменника служит конденсатором системы непосредственного испарения, а вторая часть (*7*) входит в систему водяного (этиленгликолевого) контура. Этиленгликоль отбирает тепло конденсатора и передает его на наружный теплообменник (*6*). Наружный теплообменник охлаждается потоком воздуха от осевого вентилятора. Обычно в промежуточном контуре используется раствор этиленгликоля, температура замерзания которого и определяет допустимый диапазон использования кондиционера (как правило, –40 °С).

Промежуточный контур снижает холодопроизводительность системы примерно на 5–7 %. Между конденсатором и наружным теплообменником необходимо устанавливать водяной насос, что ведет к повышению теплообмена.

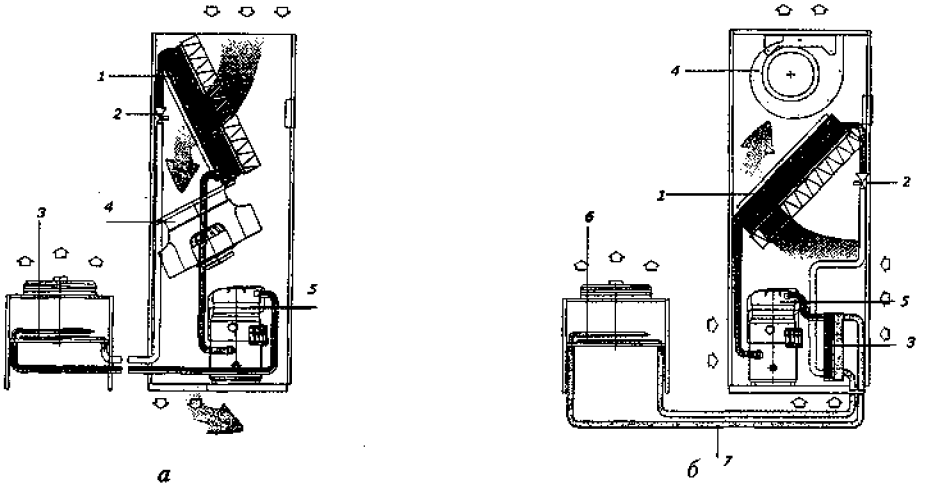


Рис. 6.3.51. Прецизионные кондиционеры непосредственного испарения:
а – с выносным конденсатором воздушного охлаждения;
б – с промежуточным этиленгликолевым контуром;
1 – испаритель; *2* – терморегулирующий вентиль; *3* –конденсатор; *4* – вентилятор;
5 –компрессор; *6* – наружный теплообменник; *7* – водяной контур

IBIK

6.3.8.3. ПРЕЦИЗИОННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С ДВОЙНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

В этих системах используется двойной испаритель: одна часть испарителя включена в холодильный контур (*1*), а вторая — в водяной контур (*8*). Вода в водяной контур может подаваться, например, из артезианской скважины. На рис. 6.3.52, *а* показан режим, при котором подаваемый в помещение воздух охлаждается испарителем холодильной машины, а в водяной контур вода не подается. На рис. 6.3.52, *б* показан режим, при котором холодильная машина не работает, а охлаждение воздуха обеспечивается водяным теплообменником. Для такого типа кондиционеров необходим большой расход проточной воды, которая должна охлаждаться, например, в градирне. Регулировка расхода воды производится трехходовым клапаном (*9*), положение которого устанавливается системой автоматического регулирования по температуре конденсатора. Если организовать охлаждение воды с помощью градирни не представляется возможным, вне помещения устанавливаются дополнительные выносные водяные теплообменники, охлаждаемые наружным воздухом. Вода, охлаждающая конденсатор, циркулирует по промежуточному контуру через два теплообменника: конденсатор — водяной теплообменник, теплообменник "вода — воздух".Такая схема предусматривает предпочтительный режим от водяного теплообменника. В тех случаях, когда система

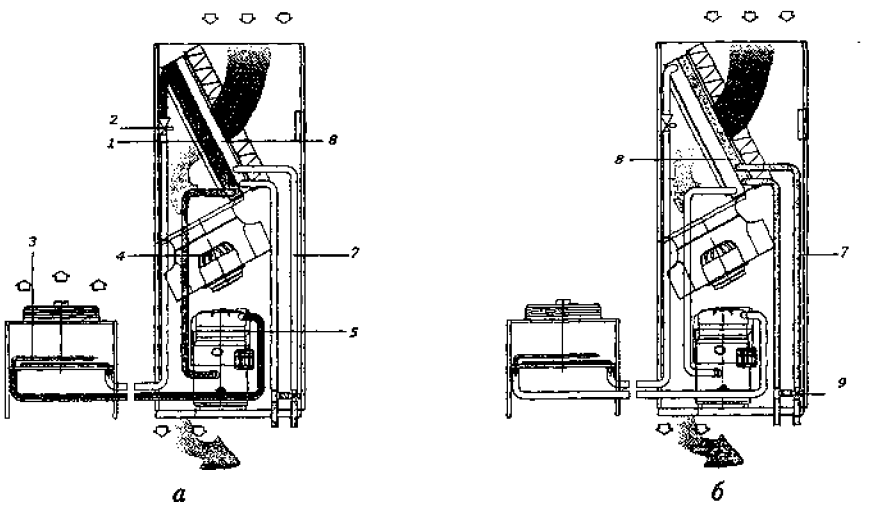


Рис. 6.3.52. Прецизионные кондиционеры с двойной системой охлаждения:
а — работает только холодильный контур;
б — работает только водяной контур; *1* — испаритель; *2* — терморегулирующий вентиль; *3* —конденсатор; *4* — вентилятор; *5* —компрессор; *6* — наружный теплообменник; *7* — водяной контур; *8* — водяной теплообменник; *9* — трехходовой клапан

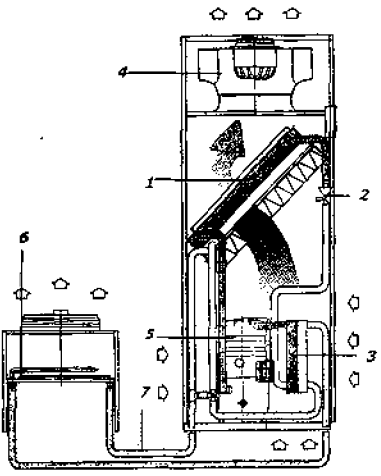
IBIK

водоснабжения работает с перебоями, включается холодильная машина с теплообменником непосредственного испарения. При необходимости могут работать оба теплообменника внутреннего блока.

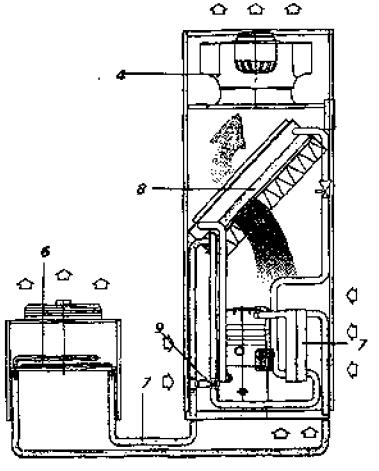
6.3.8.4. ПРЕЦИЗИОННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ РЕЖИМОМ

Недостатком кондиционеров с двойной системой охлаждения является необходимость стабильной работы системы водоснабжения. В то же время при низкой температуре наружного воздуха целесообразно использовать его для охлаждения помещения без включения холодильной машины.

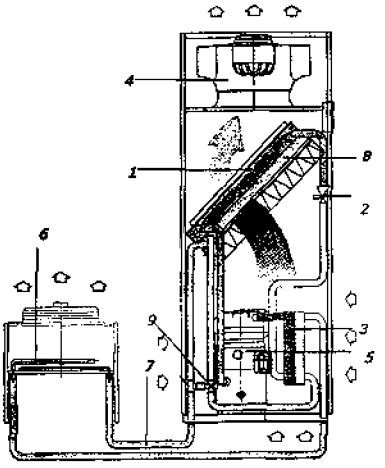
Схема, объединяющая двойную систему охлаждения и систему непосредственно охлаждения с промежуточным контуром, показана на рис. 6.3.53. Дополнительный теплообменник (*8*) входит в замкнутый гликолевый контур между конденсатором (*3*) и выносным теплообменником (*6*). В теплое время кондиционер работает как обычный кондиционер с системой непосредственного испарения с промежуточным контуром (*7*) и выносным теплообменником (*6*) (рис. 6.3.53, *а*).



а



б



в

Рис. 6.3.53. Прецизионные кондиционеры с энергосберегающим режимом:
а — режим кондиционера непосредственного испарения;
б — режим использования охлажденной воды;
в — совместная работа режимов (*а* и *б*)

IBIK

Трехходовой клапан (*9*) пропускает охлаждающую жидкость мимо теплообменника (*8*). Когда температура наружного воздуха снижается, и температура в промежуточном контуре становится ниже температуры в помещении, трехходовой клапан (*9*) открывается и охлажденная наружным воздухом жидкость подается в теплообменник (*8*). В этом случае работают оба теплообменника (*1*) и (*8*) (рис. 6.3.53, *в*). Если температура наружного воздуха становится еще ниже, отключается система непосредственного охлаждения (рис. 6.3.53, *б*). Охлаждение воздуха в помещении осуществляется только за счет использования охлажденного гликолевого контура.

Выбор режима работы производится микропроцессором на основании анализа температуры в помещении, наружной температуры воздуха и других параметров.

6.3.8.5. РЕГУЛИРОВКА ВЛАЖНОСТИ В ПОМЕЩЕНИИ ПРЕЦИЗИОННЫМИ КОНДИЦИОНЕРАМИ

Снижение влажности производится включением холодильной машины в режим осушения, что было описано ранее. При необходимости удаления большого избытка влаги, поступающей в помещение (более 3 кг/ч), используются специальные осушители воздуха. Они представляют собой моноблочную холодильную машину, устанавливаемую внутри помещения. Влажный воздух помещения центробежным вентилятором всасывается в кондиционер, проходит через фильтр и поступает на испаритель холодильной машины, температура которого 4–5°С. При охлаждении воздуха на испарителе осаждается влага, которая удаляется по дренажному трубопроводу. Охлажденный и осушенный воздух поступает на конденсатор, нагревается и возвращается в помещение. Температура воздуха, возвращаемого в помещение, на несколько градусов выше температуры воздуха в помещении. На рис. 6.3.54 показан осушитель воздуха Fricostar F800 фирмы GEA. Производительность осушителя воздуха Fricostar F800 – 3,9 кг/ч; отопительная мощность – 1,5 кВт; мощность, затрачиваемая на удаление влаги,– 2,9 кВт.

Осушитель Fricostar F800 способен обеспечить нормальную влажность (40–60%) в бассейне с площадью зеркала воды 40 м^2.

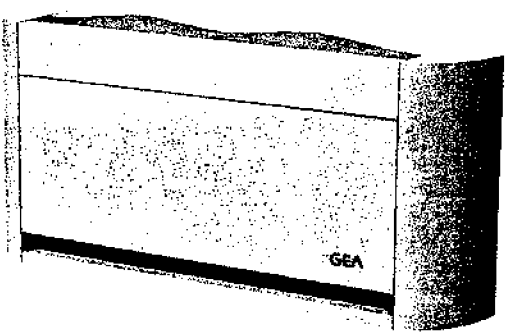


Рис. 6.3.54. Осушитель воздуха GEA-Fricostar F800

IBIK

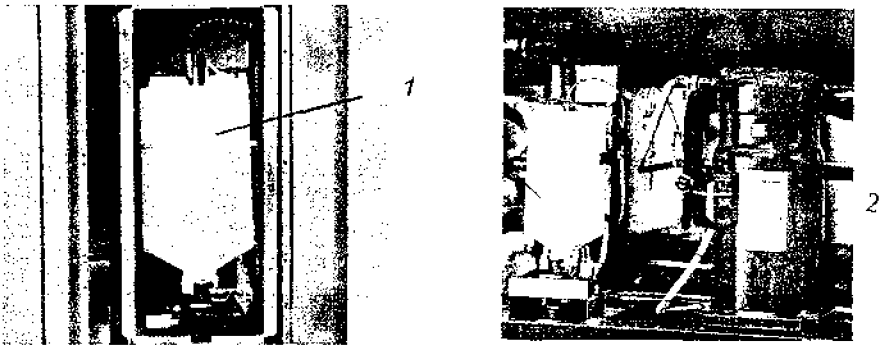


Рис. 6.3.55. Парогенераторы, вмонтированные в прецизионные кондиционеры:
1 – парогенератор; *2* – компрессор

Повышение влажности осуществляется с помощью парогенераторов, которые встраиваются в прецизионные кондиционеры (рис. 6.3.55) или в воздухораспределительную сеть. Датчик влажности может устанавливаться в определенной зоне охлаждаемого помещения или в тракте подаваемого воздуха (рис. 6.3.57).

Парогенератор (рис. 6.3.56) состоит из разборного парового бака (*5*) и (*9*), в который при открытии клапана (*16*) поступает вода из водопроводной сети (*17*).

Давление водопроводной сети должно быть в пределах от 1,0 до 10,0 бар. В паровом баке располагаются электроды (*6*), к которым подается переменное напряжение от стандартной однофазной или трехфазной электрической сети. Благодаря электропроводности воды между электродами проходит электрический ток.

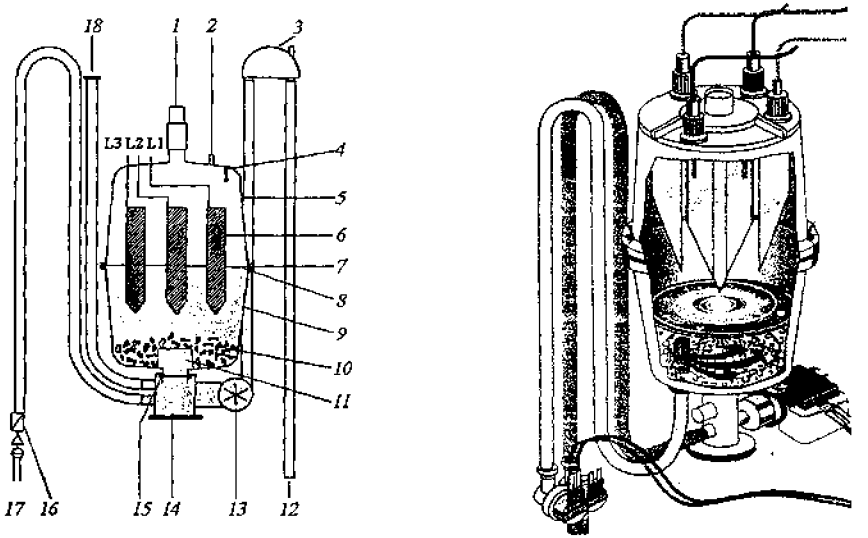


Рис. 6.3.56. Схема и конструкция парогенератора:
1 – труба подачи пара; *2* – труба возврата конденсата; *3* – запорная петля; *4* – датчик аварийного уровня воды; *5, 9* – паровой бак; *6* – электроды; *7,8,15* – уплотнительные кольца; *10* – накопление солей; *11* – клапан слива, *12* – сливной трубопровод; *13* – насос; *14* – основание; *16* – клапан; *17* – трубопровод; *18* – труба ручного слива воды

IBIK

Вода закипает, выделяя пар. Образовавшийся при кипении пар, деминерализуется, освобождается от бактерий и подается по трубе (*1*) в область потока воздуха, подаваемого из кондиционера в помещение. По мере выкипания воды на дне парового цилиндра накапливаются соли (*10*). Проводимость воды увеличивается, а производительность увлажнителя уменьшается. Поэтому осадок солей и шлаков периодически сбрасывается в канализацию насосом (*13*) по трубе (*12*). Этот процесс позволяет поддерживать постоянную проводимость воды в паровом цилиндре.

Датчик влажности (рис. 6.3.57) может располагаться как в воздухораспределительном тракте, так и в помещении.

Максимальный уровень воды в паровом цилиндре определяется датчиком аварийного уровня (*4*). Если уровень воды достигнет предельно допустимого значения, клапан (*16*) закроется.

Таблица 6.3.9. Технические характеристики парогенераторов HyLine HY1-HY7

Тип	HY1.05	HY1.08	HY2.13	HY2.17	HY3.23
Паропроизводительность, кг/ч	5	8	13	17	23
Напряжение питания	3 ф, 380 В, 50 Гц				
Потребляемая мощность, кВт	3,8	6,0	9,8	12,8	17,3
Рабочий ток, А	5,4	8,7	14,1	18,4	24,9
Фазный предохранитель, А	6	10	16	20	35
Напряжение питания устройства управления	220/230 В,				
Размеры штуцера пара, мм	25×1	25×1	25×1	25×1	40×1
Размеры штуцера конденсата, мм	12×1	12×1	12×1	12×1	12×1
Масса, кг	13	13	20	20	22
Габаритные размеры, мм					
высота,	480	480	650	650	650
ширина,	441	441	507	507	507
глубина	225	225	293	293	293
Давленне воды	от 1 до 10 бар в трубе диаметром 10 мм				
Тип вентилятора	VG08	VG08	VG17	VG17	VG30
Расход воздуха, м³/ч	185	185	185	185	350

Продолжение **табл. 6.3.9.**

Тип	HY4.30	HY5.45	HY6.60	HY7.90	HY7.116
Паропроизводительность, кг/ч	30	45	60	90	166
Напряжение питания	3 ф, 380 В, 50 Гц				
Потребляемая мощность, кВт	22,5	33,8	22,5×2	33,8×2	43,5×2
Рабочий ток, А	32,5	48,8	32,5×2	48,8×2	62,8×2
Фазный предохранитель, А	35	63	35	63	63
Напряжение питания устройства управления	230 В				
Размеры штуцера пара, мм	40×1	40×2	40×2	40×4	40×4
Размеры штуцера конденсата, мм	12×1	12×2	12×2	12×4	12×4
Масса, кг	28	39	47	70	70
Габаритные размеры, мм					
высота,	707	785	707	785	785
ширина,	550	634	944	4078	1078
глубина	336	404	336	404	404
Давление воды	от 1 до 10 бар в трубе диаметром 10 мм				
Тип вентилятора	VG30	2×VG30	2×VG30	3×VG30	4×VG30
Расход воздуха, м³/ч	350	2×350	2×350	3×350	4×350

IBIK

В камере смешения воздуха и пара может образовываться конденсат. Возврат конденсата в паровой цилиндр осуществляется через трубку (*2*).

Парогенератор периодически должен подвергаться профилактике, для чего вручную сливается вода (трубка (*18*) опускается вниз), цилиндр снимается с основания (*14*) и очищается моющими средствами. При необходимости меняются уплотнительные кольца (*7*) и (*15*).

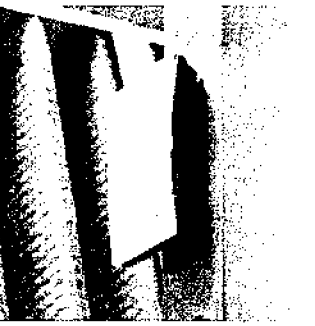


Рис. 6.3.57. Датчик влажности

6.4. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

1. Технические характеристики, приводимые в каталогах, измеряются в соответствии со стандартами ISO при температурах, указанных в таблице 6.4.1.

Таблица 6.4.1. Условия проведения испытаний полупромышленных кондиционеров

Параметр / Режим	Температура в помещении, °С		Температура вне помещения, °С		Стандарт
	Сухой термометр	Влажный термометр	Сухой термометр	Влажный термометр	
Охлаждение	27	19	35	24	ISO-T1
Нагрев	20	12	7	6	JISB 8616

При изменении температуры окружающей среды некоторые параметры изменяются. Так, зависимость холодо- и теплопроизводительности от температуры окружающей среды приведена на рис. 6.4.1.

При увеличении длины фреоновой магистрали холодопроизводительность может снизиться до 10 %, а при увеличении разности уров-

Длина фреоновой магистрали,м		7,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Режим нагрева		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,988	0,998	0,993	0,993	0,988	0,988
Режим охлаждения	FDTN258	1,0	0,998	0,993	0,988	0,983	0,978	0,973	–	–	–	–
	FDTNP, FDT(N)308	1,0	0,995	0,985	0,975	0,965	0,955	0,945	0,935	0,925	0,915	0,905
	FDTNP, FDT(N)408	1,0	0,998	0,990	0,985	0,975	0,970	0,960	0,55	0,945	0,940	0,930
	FDTNP, FDT(N)508	1,0	0,995	0,980	0,970	0,955	0,945	0,930	0,920	0,905	0,895	0,880

ней между внутренним и наружным блоком — до 6 %.

2. Автоматический выбор режима работы

При работе в автоматическом режиме выбор нагрева и охлаждения производится по разности температур: установленной и температуры в помещении (или температуры внутреннего теплообменника) в соответствии с диаграммой.

IBIK

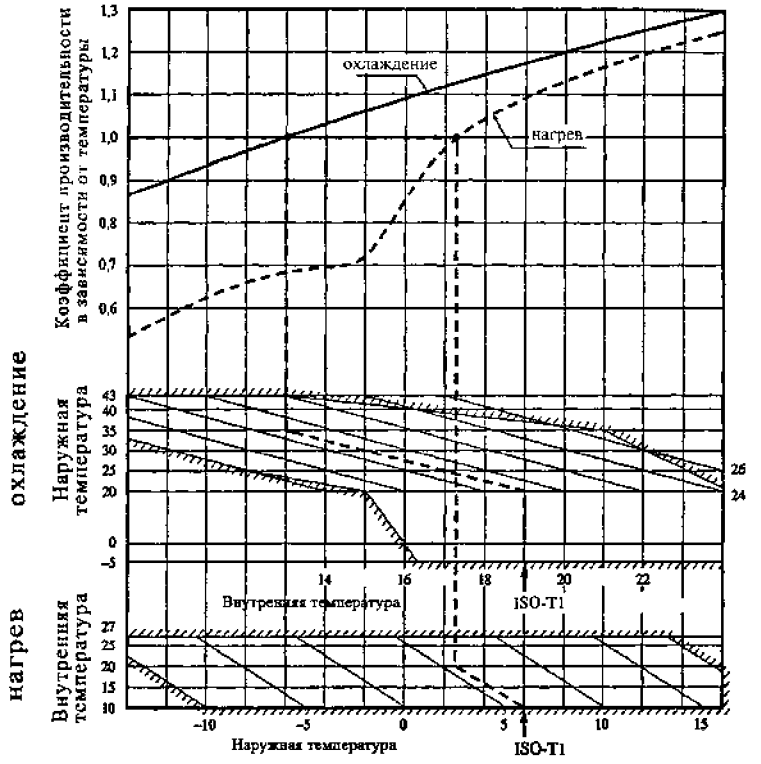
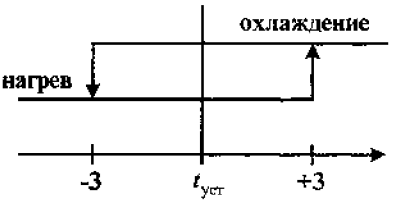


Рис. 6.4.1. Зависимость производительности кондиционеров от температуры окружающей среды



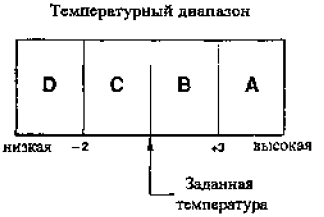
3. Точность поддержания температуры

Поддержание температуры в помещении ведется с точностью до ±1 °С.

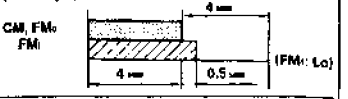
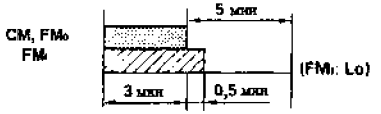
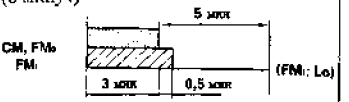
4. Режим осушки

При переходе в режим осушки определяется разность температур $t_{ос} = t_{уст} - t_{ком}$ и диапазон, в котором эта разность находится (A, B, C или D). Для каждого диапазона установлен свой алгоритм осушки (рис. 6.4.2).

В режиме осушки работа компрессора и вентилятора внутреннего блока регулируется в соответствии с выбранным температурным диапазоном, который определяется по показаниям датчика температуры возвратного потока (Th1–A).



CM, FMo: ВЫКЛ FM: ВКЛ

Диапазон	Предварительный цикл осушки	Основной цикл осушки
A	(16 минут) работает в режиме охлаждения (термостат ВКЛ); вентилятор внутреннего блока работает с заданной скоростью; после выключения компрессора вентилятор работает 30 с на низкой скорости в режиме обдува, а затем останавливается	(8 минут) Работа в режиме охлаждения (FM: Lo)
B		(8 минут) 
C		(8 минут) 
D		(8 минут) Остановка

Примечания:
1. Блоки A, B: После запуска кондиционер 16 минут работает в режиме охлаждения.
   Блоки C, D: Описанная выше процедура продолжается 8 минут, после чего начинается осушка.
2. После завершения одного цикла осушки (8 минут) проверяется температура и снова определяется рабочий диапазон.

Рис. 6.4.2. Циклограмма режима осушки полупромышленного кондиционера

5. Регулирование скорости вращения вентилятора

В режиме нагрева скорость вращения вентилятора внутреннего блока изменяется в зависимости от температуры внутреннего теплообменника в соответствии с диаграммой.



Если температура больше 45 °C, вентилятор работает с установленной на пульте скоростью. Если температура снизится до 40 °C, вентилятор переключится на низкую скорость (Lo).

Если переключатель SW3–4, расположенный на печатной плате внутреннего блока, установить в положение ON, то при достижении температуры внутреннего теплообменника 40 °C вентилятор внутреннего теплообменника остановится, а через 5 минут перейдет в режим Lo.

IBIK

6. Режим "Hot start" (горячий старт) — аналогичен этому же режиму бытовых кондиционеров (см. п. 5.3.2).

7. Режим "Hot spurt" (горячая струя) — аналогичен этому же режиму бытовых кондиционеров (см. п. 5.3.2).

8. Оттаивание наружного теплообменника

Оттаивание наружного теплообменника производится в зимнее время, когда кондиционер работает в режиме нагрева при температуре , по времени или по команде датчика оттаивания (23DH).

Оттаивание начинается при выполнении одного из следующих условий:

- компрессор после включения проработал непрерывно 30 мин;
- компрессор после предыдущего оттаивания проработал 45 мин;
- когда датчик 23 DH переключится в положение ВКЛ (контакты замкнуты).

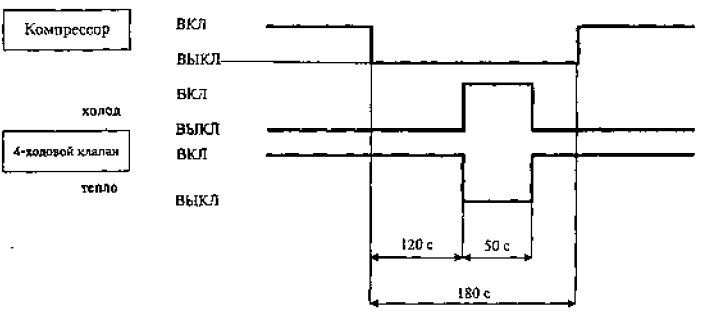
Процесс оттаивания начинается с того, что вентилятор внутреннего блока в течение 40 с работает на низкой скорости (Lo), а затем при снижении температуры теплообменника до 20 °С выключается. Вентилятор снова включается при достижении температуры внутреннего теплообменника 30 °С или через 7 мин после завершения оттаивания.

9. Работа конденсатного насоса

Конденсат, который выделяется при работе в режиме охлаждения, откачивается насосом внутреннего блока. Одновременно с включением кондиционера включается конденсатный насос, управляемый поплавковым реле. После остановки компрессора конденсатный насос продолжает работать еще 2 минуты.

10. Работа четырехходового клапана

При переключении режима (холод, тепло) четырехходовой клапан работает в соответствии с диаграммой.



11. Принудительное отключение компрессора

а) Принудительная задержка включения компрессора

Включение компрессора задерживается на 3 мин, если он был остановлен по команде датчика температуры, выключателем ON/OFF или если возникла неисправность.

б) Принудительная работа компрессора

Компрессор не может быть выключен в течение 3 мин после включения. Однако если компрессор будет отключен принудительно с помощью выключателя ON/OFF или элементов защиты, он остановится.

12. Перегрев внутреннего теплообменника

Если температура внутреннего теплообменника будет превышать 68 °С в течение 2 секунд, компрессор остановится. Через 3 мин компрессор включится снова при условии, что температура теплообменника опустится до 61 °С. Но если температура повысится в последующие 60 мин, кондиционер остановится в аварийном режиме (желтый индикатор мигает 6 раз за 8 секунд).

13. Автоматический перезапуск

Если прервется подача напряжения питания, то кондиционер автоматически включится через 3 мин после ее возобновления. Однако если произойдет повторное отключение питания, компрессор остановится и запустить его можно будет только вручную.

Для отключения функции автоматического перезапуска необходимо переключатель SW–1 на печатной плате внутреннего блока поставить в положение OFF (заводская установка — в положении ON).

14. Обрыв цепи датчиков внутреннего блока

Если в течение 10 секунд после включения кондиционера не будет сигнала (обрыв цепи) от датчика комнатной температуры, компрессор остановится. Если сигнал от датчика пропадет дважды за 60 мин, кондиционер остановится в аварийном режиме (желтый индикатор мигает 2 раза за 8 секунд).

Если не будет сигнала от датчика комнатной температуры в течение 20 с, компрессор проработает 2 мин и остановится. Если обрыв будет зафиксирован дважды за 60 мин, кондиционер остановится в аварийном режиме (желтый индикатор мигает 1 раз за 8 секунд).

15. Диагностика работы конденсатного насоса

Диагностика исправности конденсатного насоса ведется постоянно, независимо от режима работы кондиционера. Если система самодиагностики обнаружит неисправность конденсатного насоса, кондиционер проработает 5 мин и выключится.

Если будет выявлена неисправность, связанная с работой поплавкового реле (заклинивание поплавка, обрыв сигнального провода), конденсатный насос будет работать непрерывно до тех пор, пока работа

IBIK

поплавкового реле (заклинивание поплавка, обрыв сигнального провода), конденсатный насос будет работать непрерывно до тех пор, пока работа поплавкового реле не возобновится. При этой неисправности желтый индикатор мигает с частотой 4 раза за 8 секунд.

Если неисправность дренажной системы будет выявлена при работе кондиционера в режиме охлаждения, компрессор остановится до устранения неисправности.

Если неисправность обнаружится, когда компрессор выключен или кондиционер работает в режиме вентиляции (FAN), включится конденсатный насос и будет работать 5 минут. Если в течение этих 5 мин неисправность будет устранена, конденсатный насос остановится. Однако если неисправность останется, насос будет работать непрерывно. При этой неисправности желтый индикатор будет мигать с частотой 4 раза за 8 секунд.

16. Защита при снижении напряжения питания

Если напряжение питания упадет и на протяжении 3 мин будет составлять 80 % от номинального значения, компрессор остановится. Однако если в течение этих 3 минут напряжение возрастет до величины 85 % от номинального или выше, компрессор снова включится. В период остановки компрессора мигает зеленый индикатор RUN (2 раза за 8 секунд).

При первом включении кондиционера запуск осуществляется независимо от величины напряжения питания.

Функцию защиты от снижения напряжения можно отключить, установив переключатель SW3–2 в положение OFF. Заводская установка переключателя SW3–2 — в положении ON.

17. Диагностика утечки хладагента

Если при работе кондиционера в режиме охлаждения через 40 мин после включения компрессора температура внутреннего теплообменника не снизится до 6 °С или в режиме нагрева не повысится до 25 °С, это будет воспринято как отсутствие в гидравлической системе хладагента. Компрессор остановится, и желтый индикатор будет мигать с частотой 5 раз за 8 секунд.

18. Диагностика загрязненности воздушного фильтра внутреннего блока

Загрязненность воздушного фильтра внутреннего блока и необходимость его замены определяется количеством часов работы фильтра. После отработки определенного времени высвечивается индикация о необходимости его очистки.

Периодичность замены фильтра устанавливается пользователем с помощью переключателя SW5–3, расположенного на печатной плате внутреннего блока.

Устанавливая переключатели SW5–3 и SW5–4 в определенные положения, можно определить длительность работы фильтра.

IBIK

Заводская установка переключателей SW5–3 в положении OFF, переключателя SW5–4 в положении ON дают разрешение на работу фильтра в течение 120 часов. После 120 ч работы фильтра на дисплее пульта управления начинает мигать индикатор "Filter". Если потребитель не принимает мер, то после 8 ч кондиционер отключается. После замены фильтра (или если потребитель принял решение фильтр не менять, а продолжить срок его работы) необходимо нажать кнопку "Filter Reset" на пульте и счет времени работы фильтра начнется с нуля до 120 часов. По желанию можно установить другое время с помощью переключателя SW5 в соответствии с таблицей.

Комбинация		Время работы фильтра
SW-5-3	OFF	120 часов. Индикатор "Filter" на пульте управления будет мигать 8 часов, после чего компрессор остановится
SW-5-4	OFF	
SW-5-3	OFF	720 часов. Индикатор "Filter" на пульте управления будет мигать 24 часа, после чего компрессор остановится
SW-5-4	ON	
SW-5-3	ON	2500 часов
SW-5-4	OFF	
SW-5-3	ON	1440 часов. Индикатор "Filter" на пульте управления будет мигать 24 часа, после чего компрессор остановится
SW-5-4	ON	

9. Электронная система управления

Электронная система управления является универсальной для кондиционеров потолочных (FDT-N), подвесных (FDEN) и канальных (FDF). Принадлежность к одному из указанных типов устанавливается с помощью переключателей группы SW6 (заводская установка).

20. Состояние электронных компонентов

Ниже приведено состояние электронных компонентов при работе кондиционера в различных режимах работы. В таблице приняты обозначения: В — элемент включен; 0 — элемент выключен.

Таблица 6.4.2. Работа электронных компонентов кондиционера в зависимости от режима

Компонент	Охлаждение		Вентиляция	Нагрев				Осушка	
	Термостат включен	Термостат выключен		Термостат включен	Термостат выключен	Оттаивание	Горячий старт	Термостат включен	Термостат выключен
Компрессор	В	0	0	В	0	В	В	В	0
4-ходовой клапан	0	0	0	В	0	0	В	0	0
Наружный вентилятор	В	0	0	В	0	0	В	В	0
Внутренний вентилятор	В		В	В/0				В	
Двигатель жалюзи	В/0								
Двигатель насоса	В	0 (2 мин В)						В	0 (2 мин В)

21. Защита от перегрева внутреннего блока

Если температура внутреннего теплообменника при работе в режиме нагрева поднимется свыше 68 °С на время более 2 секунд, компрессор отключится. Повторное включение компрессора произойдет через 3 мин. Если в течение последующих 60 мин перегрев повторится, компрессор остановится.

IBIK



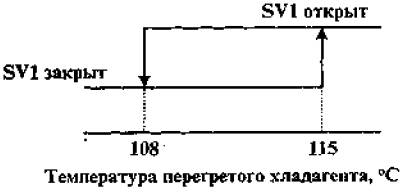
22. Антиснеговая защита

Если переключатель SW5–2 установлен в положение ON, а температура наружного воздуха ниже 3 °С, то независимо то того, работает кондиционер или нет, каждые 10 мин будет включаться вентилятор наружного блока и работать в течение 10 секунд, что позволит удалить снег с решетки вентилятора.



23. Охлаждение компрессора

Если температура перегретого хладагента на выходе компрессора поднимется выше 115 °С, то откроется клапан SV1, через который хладагент начнет по дополнительной капиллярной трубке поступать в картер компрессора. Компрессор будет охлаждаться до температуры 108 °С, после чего клапан SV1 закроется.



24. Защита от перегрева компрессора

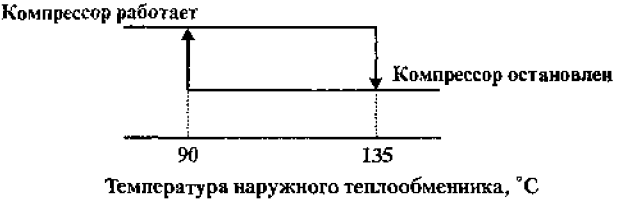
Если температура перегретого хладагента на выходе компрессора поднимется свыше 135 °С, компрессор остановится. Повторное включение компрессора произойдет после снижения температуры до 90 °С, но не ранее чем через 3 минуты. Если аналогичное повышение температуры произойдет 5 раз за 60 минут, компрессор остановится.

25. Защита компрессора по току

Если на выходе пускателя компрессора 52С в течение 0,5 сек после подачи напряжения или в течение 4 секунд при работе кондиционера ток на одной из фаз будет ниже установленного значения (1,5–2,0 А), компрессор отключится и запустится повторно через 3 мин. Если снижение тока ниже 1,5–2,0 А произойдет снова, компрессор остановится.

26. Защита от перегрева наружного теплообменника

Если температура наружного теплообменника при работе кондиционера в режиме охлаждения превысит 70 °С, компрессор остановится. Повторное включение произойдет после снижения температуры наружного теплообменника до 60 °С.



27. Защита при превышении давления нагнетания

Если давление нагнетания превысит установленное значение (определяется датчиком 63H1), компрессор выключится. Если превышение будет зафиксировано 5 раз в течение 60 мин, компрессор отключится в аварийном режиме.

28. Тестовый режим

Для проверки работоспособности кондиционера предусмотрен тестовый режим, с помощью которого можно на 30 мин включить режим нагрева или охлаждения. Выбор режима производится путем установки переключателей SW5–3 и SW5–4 в положения, указанные в таблице.

SW5-3	ВКЛ	SW 5-4	ВЫКЛ	Режим охлаждения
			ВКЛ	Режим нагрева
	ВЫКЛ	Нормальная работа		

29. Функции DIP-переключателей печатной платы проводного пульта управления

Переключатель	Функция	
	ON	OFF
SW1	Только охлаждение	Тепловой насос
SW2	Датчик пульта управления ВКЛ	Датчик пульта управления ВЫКЛ
SW3	Питание внутреннего блока включено	Питание внутреннего блока выключено
SW4	Подчиненный блок	Главный блок

IBIK

30. Функции перемычек на печатных платах

Проводные пульты управления

Перемычка	Функция	
	Перемычка установлена	Перемычка удалена
J1	Отображение температуры возвратного потока ВКЛ	Отображение температуры возвратного потока ВЫКЛ
J2	Отображение 3 скоростей вентилятора	Отображение 2 скоростей вентилятора
J3	Таймер включен (норма)	Таймер выключен
J4	Отображение режима постоянного сканирования ВКЛ	Отображение режима постоянного сканирования ВЫКЛ
J6	KXR	
J7	KX	

Внутренние блоки моделей FDTN(P), FDKN(P)

Перемычка	Функция	
	Перемычка установлена	Перемычка удалена
J1 (SW5-1)	Однофазная модель	Трехфазная модель
J2 (SW5-2)	Только охлаждение	Тепловой насос
J3 (SW5-3)	Импульсный входной сигнал	Ступенчатый входной сигнал
J4 (SW4-1)	–	–
J5 (SW4-2)	Оттаивание с 2,5 °С	Оттаивание с 1°С
J6 (SW4-3)	Рестарт ВКЛ	Рестарт ВЫКЛ
J7 (SW4-4)	4 позиции управления жалюзи: ВКЛ	4 позиции управления жалюзи: ВЫКЛ
J7 (SW4-4)*	Модель FDKN208	Модель FDKN258, 308

* Перемычка J7 используется для модели серии FDKN(P).

6.5. ПОИСК И УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Самодиагностика технического состояния кондиционера производится непрерывно. При отказе кондиционер выключается, вид отказа отображается сигнальными индикаторами на внутреннем и наружном блоках.

Таблица 6.5.1. Неисправности, определяемые по индикаторам внутреннего блока

Индикаторы внутреннего блока		Неисправный элемент	Описание неисправности
желтый	зеленый		
Мигает 1 раз	–	Датчик температуры теплообменника внутреннего блока; Печатная плата внутреннего блока	Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника (неисправен датчик или оборван провод); Отсутствует контакт с датчиком; Неисправность печатной платы внутреннего блока
Мигает 2 раза	–	Датчик возвратного потока (внутренний блок); Печатная плата внутреннего блока	Неисправность датчика возвратного потока (неисправен датчик или оборван провод); Отсутствует контакт с датчиком; Неисправность печатной платы внутреннего блока
Мигает 4 раза	–	Дренажная система; Поплавковый выключатель; Печатная плата внутреннего блока	Неисправность дренажного насоса, нет контакта или оборван провод; Неисправность поплавкового выключателя; Неисправность печатной платы
Мигает 5 раз	–	На пульте задано неверное значение; Датчик температуры внутреннего теплообменника; Печатная плата внутреннего блока	Перегрев (температура внутреннего теплообменника выше нормы); Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника; Неисправность печатной платы
Мигает 6 раз	–	Недостаточно хладагента; Датчик температуры внутреннего теплообменника; Печатная плата внутреннего блока	Утечка хладагента; Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника; Неисправность печатной платы
–	Мигает 2 раза	Напряжение питания	Напряжение питания составляет 80% от номинального

Таблица 6.5.2. Коды ошибок полупромышленных кондиционеров (отображаются на проводном пульте управления)

Код ошибки	Неисправный элемент	Описание неисправности
E1	Сигнальный провод; Печатная плата внутреннего блока	Отсутствует контакт; обрыв сигнального провода; Помехи в линии; Неисправность печатной платы
E6	Датчик температуры внутреннего теплообменника; Печатная плата внутреннего блока	Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника (неисправен датчик или оборван провод); Отсутствует контакт с датчиком; Неисправность печатной платы внутреннего блока
E7	Датчик возвратного потока (внутренний блок); Печатная плата внутреннего блока	Неисправность датчика возвратного потока (неисправен датчик или оборван провод); Отсутствует контакт с датчиком; Неисправность печатной платы внутреннего блока
E8	На пульте задано неверное значение; Датчик температуры внутреннего теплообменника; Печатная плата внутреннего блока	Перегрев (температура внутреннего теплообменника выше нормы); Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника; Неисправность печатной платы
E9	Дренажная система; Поплавковый выключатель; Печатная плата внутреннего блока	Неисправность дренажного насоса, нет контакта или оборван провод; Неисправность поплавкового выключателя; Неисправность печатной платы
E10	Количество внутренних блоков	Один пульт используется для управления несколькими блоками, подсоединено более 16 внутренних блоков
E14	Номер внутреннего блока; Проводка пульта	Для подчиненного блока не указан главный; Обрыв провода или неверное соединение проводов пульта с главным и подчиненным блоками
E57	Недостаточно хладагента; Датчик температуры внутреннего теплообменника; Печатная плата внутреннего блока	Утечка хладагента; Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника; Неисправность печатной платы

IBIK

Раздел 7

Многозональные полупромышленные кондиционеры

Для кондиционирования воздуха на объектах, имеющих большое количество автономных помещений (зон), используются многозональные полупромышленные кондиционеры (МППК). Как правило, кондиционирование с помощью МППК применяют при наличии от 4 до 40 автономных зон с требуемой производительностью кондиционеров от 5 до 150 кВт.

МППК представляет собой сплит-систему, состоящую из одного или нескольких компрессорно-конденсаторных блоков и необходимого количества внутренних блоков. МППК производятся следующих типов:

- МППК с регулируемой производительностью;
- МППК с наращиваемой производительностью;
- МППК с утилизацией тепла;
- МППК с механическим приводом компрессора.

Первый тип МППК имеет обычно один компрессорно-конденсаторный блок производительностью до 30 кВт и может обслуживать от 8 до 16 автономных зон (система КХ, производитель Mitsubishi Heavy Industries).

Второй тип МППК может комплектоваться четырьмя-пятью компрессорно-конденсаторными блоками общей производительностью до 150 кВт и числом автономных зон до 40. Производительность повышается путем увеличения по мере необходимости числа компрессорно-конденсаторных и внутренних блоков (система КХК, Mitsubishi Heavy Industries).

Оба указанных выше типа МППК могут работать в режимах охлаждения, нагрева, осушки или вентиляции. Однако в разных зонах одновременно могут быть включены либо режимы охлаждения (осушки), либо режим нагрева.

При использовании МППК с утилизацией тепла в каждом помещении внутренний блок может быть включен на любой из режимов (система KXR, Mitsubishi Heavy Industries). При этом в помещения, которые необходимо обогреть, тепло подается ("перекачивается") из помещений, которые необходимо охладить. Технологически такая система сложнее и дороже, однако она более гибка по функциональным

IBIK

В МППК с механическим приводом компрессора имеется встроенный двигатель внутреннего сгорания, работающий на природном газе (пропан). Привод компрессора осуществляется от двигателя внутреннего сгорания механической передачей (система GHP, Mitsubishi Heavy Industries).

7.1. МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ (СИСТЕМЫ КХ)

7.1.1. КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ БЛОКИ СИСТЕМ КХ

Компания Mitsubishi Heavy Industries Ltd. выпускает МППК с регулируемой производительностью трех типоразмеров холодопроизводительностью 14,0; 24,4 и 28,0 кВт (рис. 7.1.1).

Компрессорно-конденсаторные блоки МППК имеют следующее обозначение:

FDC	J	140	H	KX	E2	B
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*

1 – FDC – название модели.

2 – Хладагент:
- P – R407C;
- J – R22.

3 – Холодопроизводительность: 14,0 кВт.

4 – C: только охлаждение;
H: тепловой насос.

5 – Многозональные, серия КХ.

6 – Электропитание (см. п. 6.3.1).

7 – Модификация.

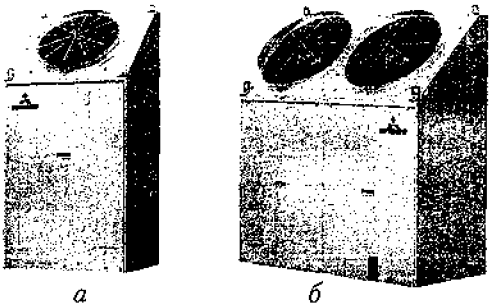
Компрессорно-конденсаторные блоки модульной конструкции имеют два типоразмера: первый типоразмер холодопроизводительностью на 14 кВт (рис. 7.1.1, *а*), второй типоразмер холодопроизводительностью на 22,4 и 28,0 кВт (рис. 7.1.1, *б*)

Диапазон температуры окружающей среды, при которой допускается эксплуатация компрессорно-конденсаторных блоков, составляет:

- в режиме охлаждения от 15 °С до +43 °С;
- в режиме нагрева от –15 °С до +18,5 °С (по влажному термометру).

При изменении температуры окружающей среды производительность компрессорно-конденсаторных блоков изменяется (рис. 7.1.2.). Так, при температуре окружающей среды –15 °С в режиме нагрева коэффициент производительности уменьшается до 0,65 $Q_{ном}$.

IBIK



а *б*

Рис. 7.1.1. Внешний вид компрессорно-конденсаторных блоков МППК типа КХ

Таблица 7.1.1. Технические характеристики компрессорно-конденсаторных блоков FDC140 (224, 280) Mitsubishi Heavy Industries

Параметры \ Модель	FDC140	FDC224	FDC280
Источник питания	3 фазы, 380 В, 50 Гц		
Холодопроизводительность, Вт	14000	22400	28000
Теплопроизводительность, Вт	16000	25000	31500
Уровень звуковой мощности, дБ (А)	56	58	59
Габаритные размеры, мм	1450×690×600	1450×1350×600	
Масса, кг	150	250	275
Тип компрессора	GT-5539HAS51×1	GT-A5539HAS53×1 GT-A5539HS53×1	GT-A5539HAS53×1 GU-A5570HS53×1
Мощность, потребляемая двигателем компрессора, кВт	3,5	3,5×1; 1,22×1	3,5×1; 3,75×1
Масса хладагента, кг	9,0	12	
Потребляемая мощность вентилятора обдува, Вт	100×1	100×2	
Расход воздуха вентилятором обдува, м³/ч	500	1000	
Трубопровод для хладагента, диаметр, мм (дюйм)	Жидкость 9,52 (3/8") газ 19,05 (3/4")	Жидкость 12,7 (1/2") газ 25,4 (1")	Жидкость 12,7 (1/2") газ 28,58 (9/8")
Соединение фреоновой магистрали с блоком	паяное	газ – паяное, жидкость – вальцовочное	
Диапазон регулировки производительности, %	25–100	16–100	12–100
Мощность нагревателя картера компрессора, Вт	33	33×2	33×1; 40×1
Количество подсоединяемых внутренних блоков	1–8	1–13	1–16
Потребляемая мощность, кВт: в режиме охлаждения в режиме нагрева	6,8 5,7	9,8 8,3	11,7 9,7
Ток, А: в режиме охлаждения в режиме нагрева	10,7 8,8	15,7 13,0	19,3 15,7
Пусковой ток, А	5	48	70

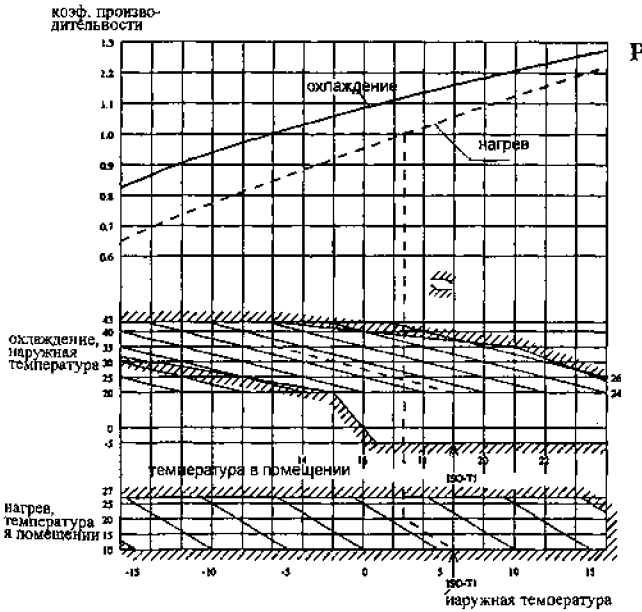


Рис. 7.1.2. График зависимости производительности компрессорно-конденсаторного блока от температуры окружающей среды

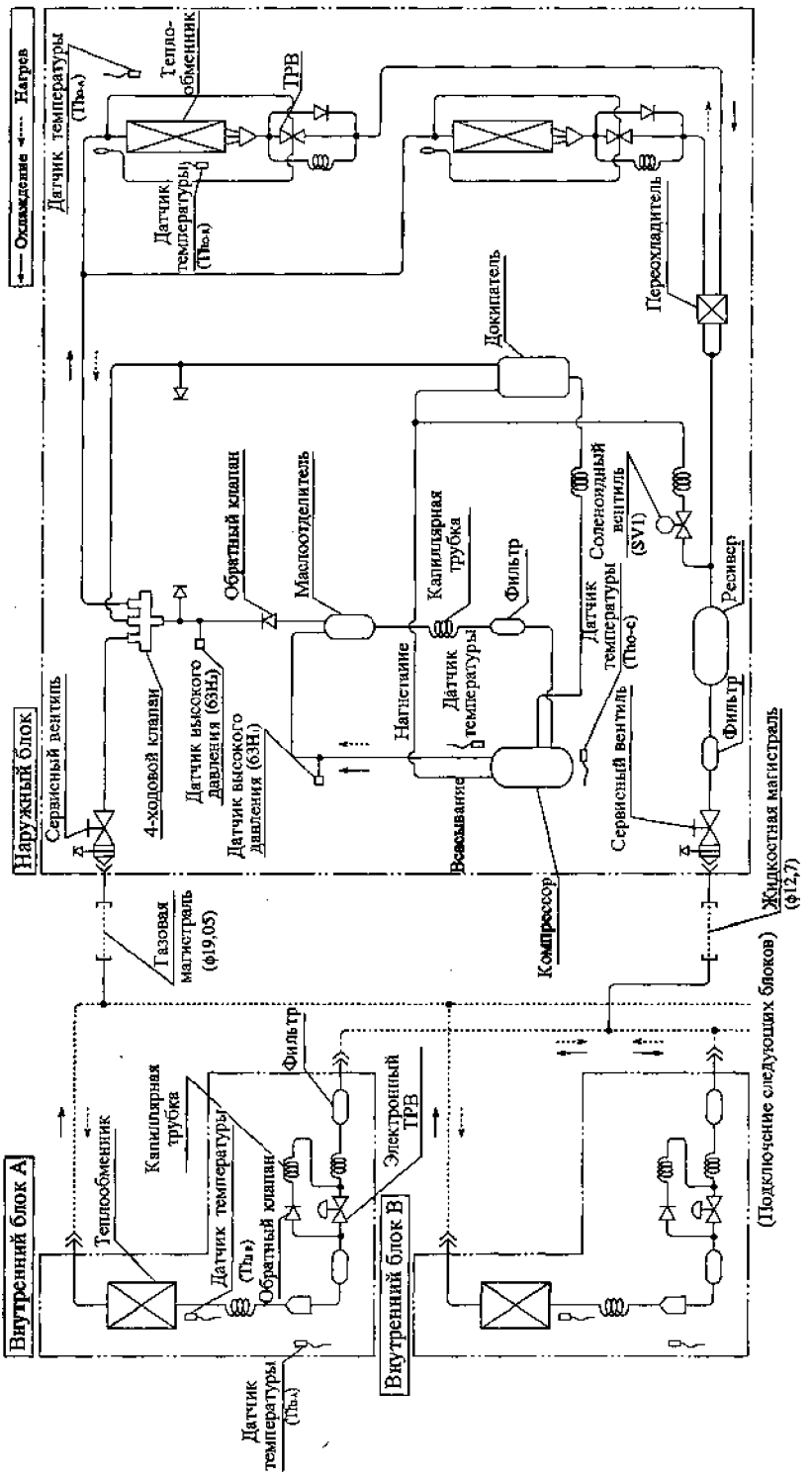


Рис. 7.1.3. Гидравлическая схема блоков FDC140

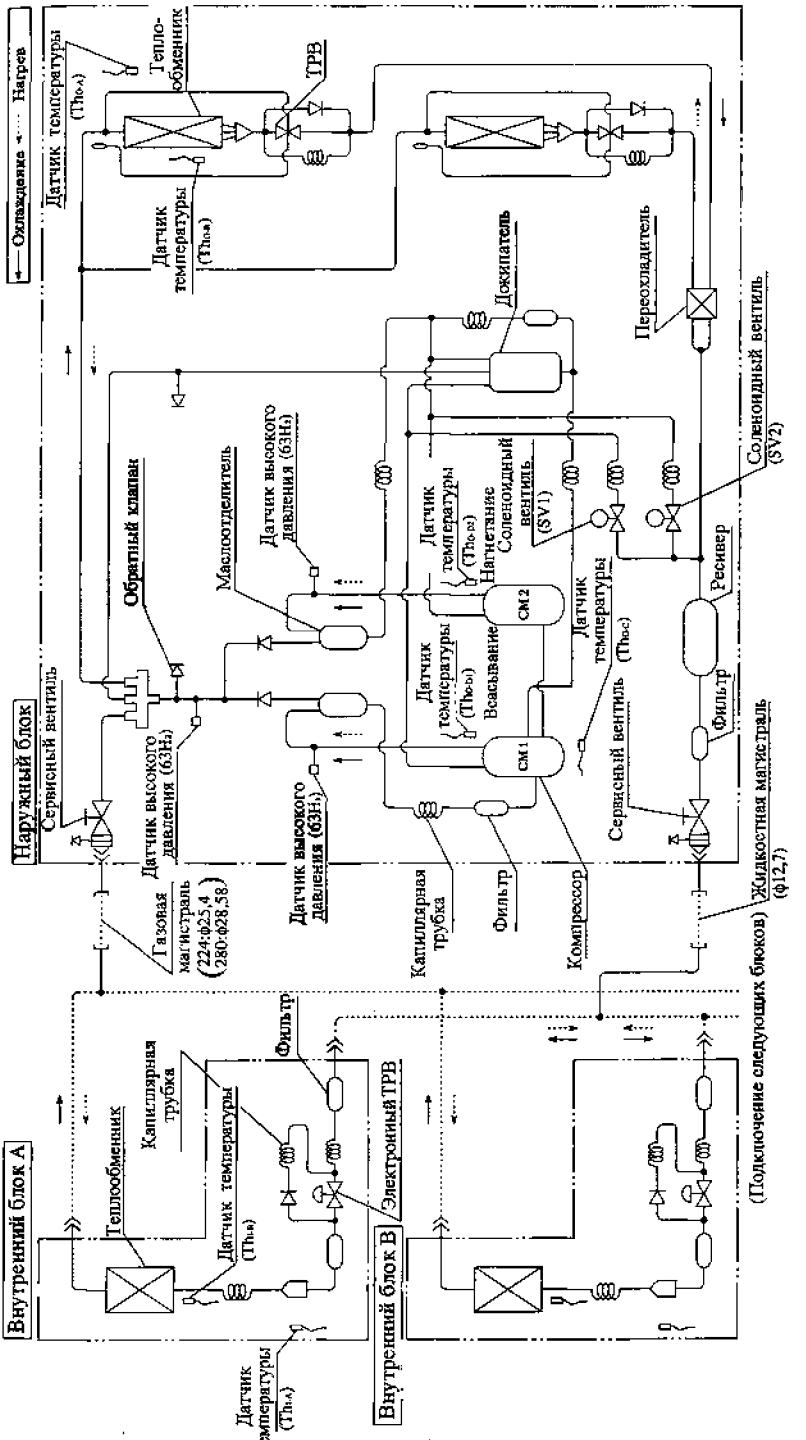


Рис. 7.1.4. Гидравлическая схема блоков FDC224 (280)

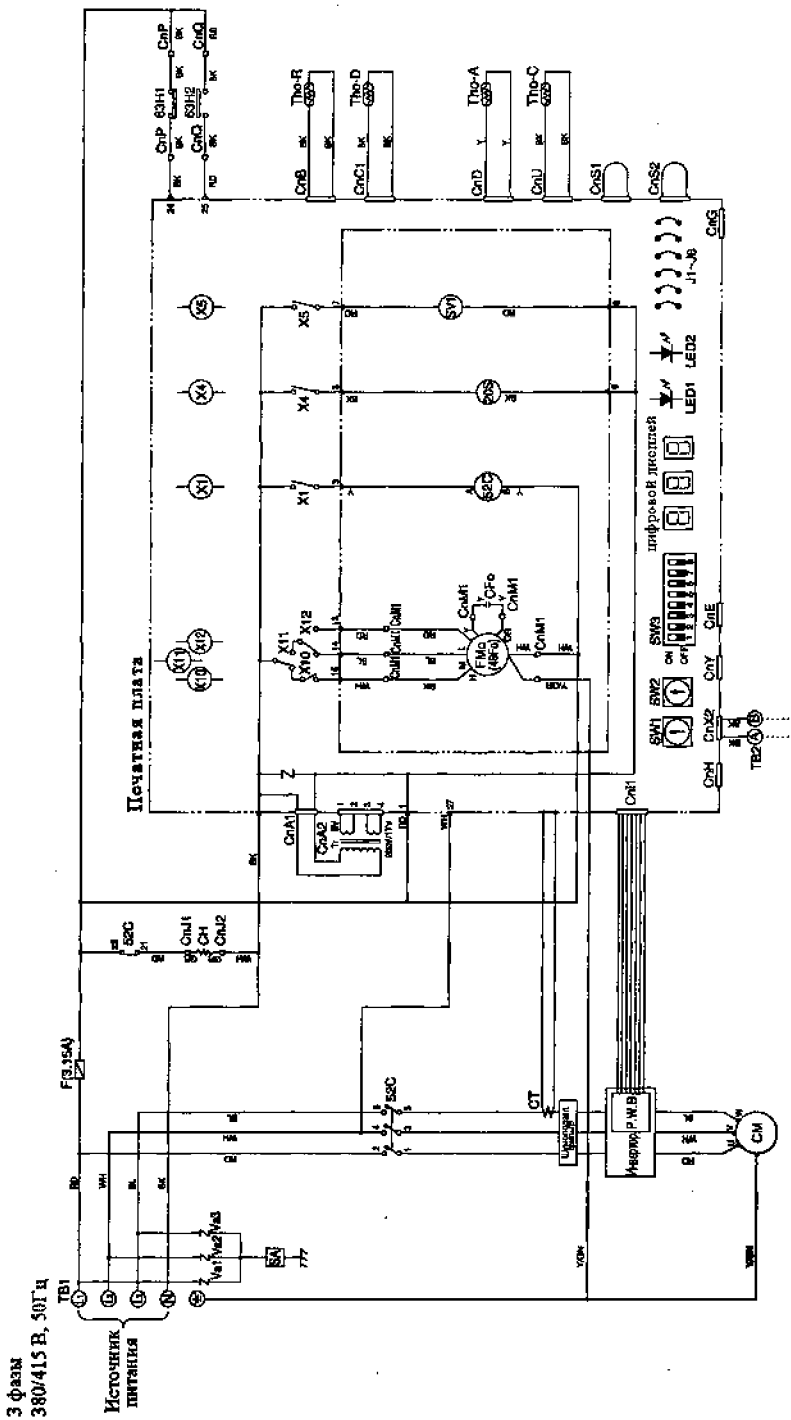


Рис. 7.1.5. Принципиальная электрическая схема наружных блоков FDC140

IBIK

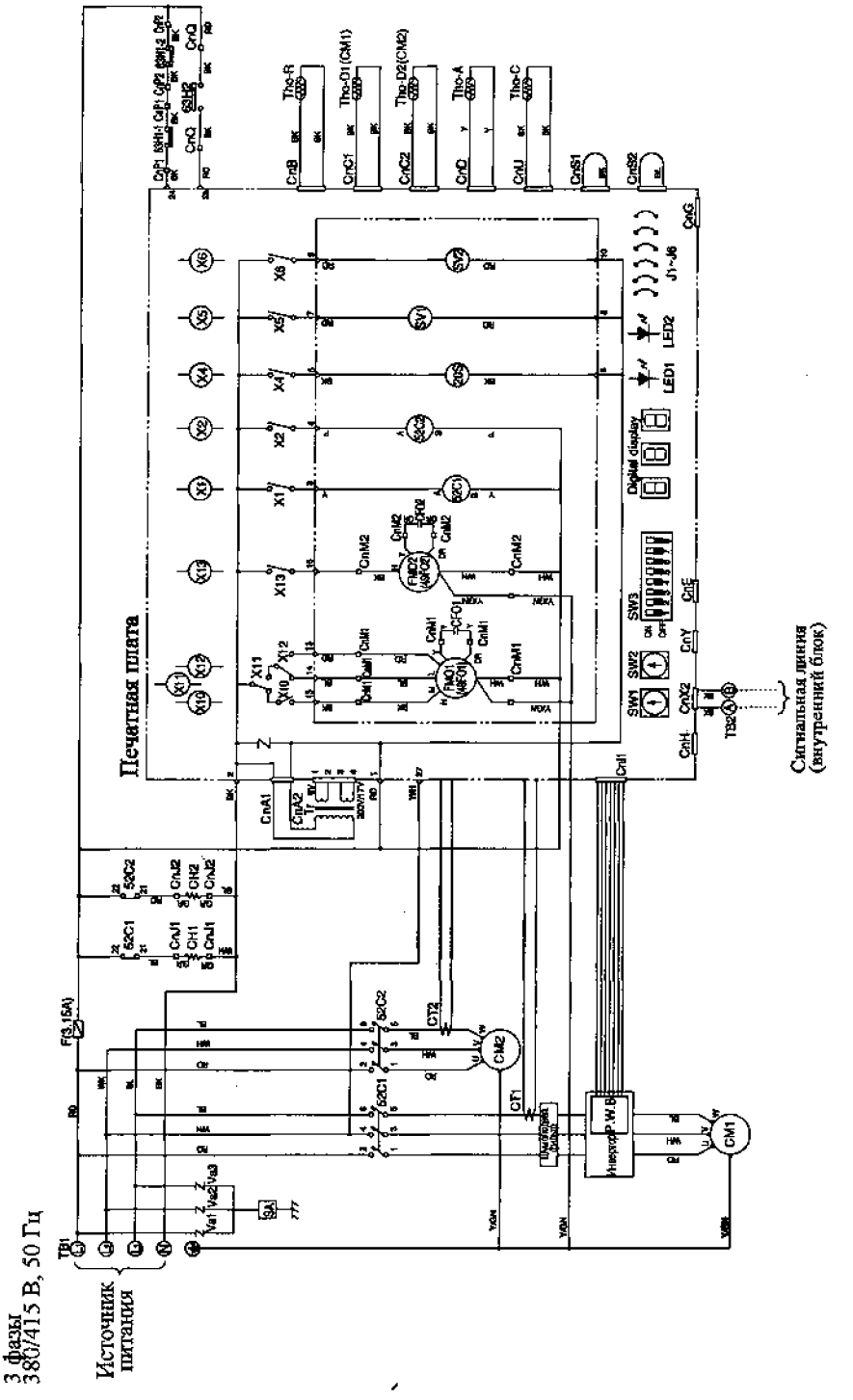


Рис. 7.1.6. Принципиальная электрическая схема наружных блоков FDC224(280)

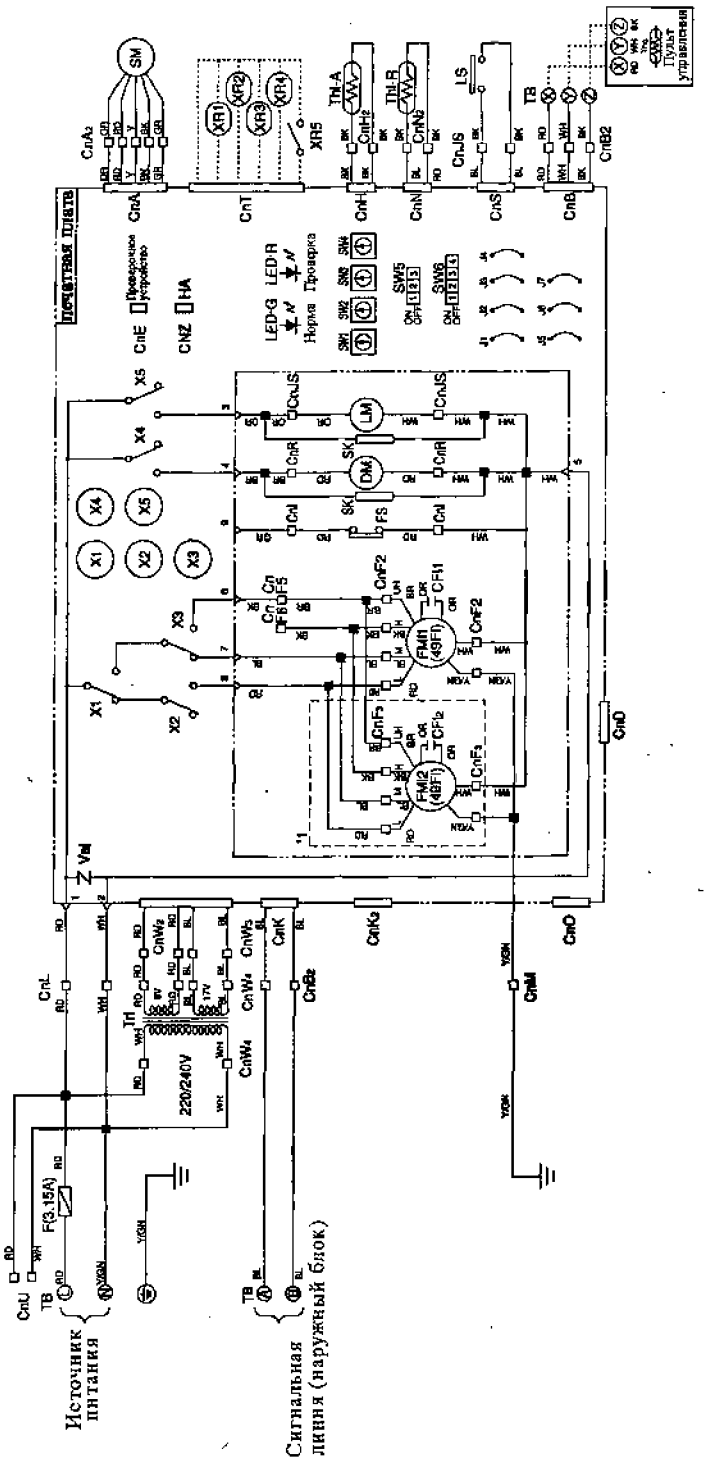


Рис. 7.1.7. Принципиальная электрическая схема внутренних блоков FDTS

IBIK

Производительность также зависит от установленной в помещении температуры, длины фреоновой магистрали, максимальной мощности внутренних блоков.

Схема гидравлическая компрессорно-конденсаторного блока кондиционера FDC140 приведена на рис. 7.1.3, а кондиционеров FDC224(280) – на рис. 7.1.4.

Компрессорно-конденсаторный блок кондиционера FDC140 имеет один компрессор с регулируемой производительностью. Кондиционеры FDC224(280) имеют два компрессора, один из которых регулируемый, а другой работает с постоянной производительностью.

Конденсатор состоит из двух теплообменников и переохладителя жидкого хладагента. Регулировка расхода хладагента производится электронными терморегулирующими вентилями.

На выходе компрессоров установлены маслоотделители. Масло, собранное в маслоотделителе, через капиллярную трубку и фильтр возвращается в компрессор. Выходы двух компрессоров соединены между собой через обратные клапаны.

На входе компрессоров установлены докипатели. Накопление жидкого хладагента происходит в ресивере.

Соленоидные клапаны SV1 и SV2 служат для подачи паров хладагента в компрессор при его перегреве (охлаждение компрессоров и регулировка производительности). Датчик давления $63H_1$ предназначен для защиты компрессора при превышении давления нагнетания, а датчик давления $63H_2$ – для регулировки давления конденсации путем изменения скорости вращения вентилятора обдува теплообменника, расположенного в наружном блоке.

Регулировка холодопроизводительности каждого внутреннего блока обеспечивается электронным терморегулирующим вентилем, расположенным во внутреннем блоке.

Принципиальная электрическая схема компрессорно-конденсаторного блока кондиционера FDC140 приведена на рис. 7.1.5.

На схеме обозначены:

Th_0-A	– датчик температуры наружного воздуха;
Th_0-R	– датчик температуры теплообменника наружного блока;
Th_0-C	– датчик температуры картера компрессора;
Th_0-D_1 (Th_0-D_2)	– датчик температуры нагнетательного патрубка;
Va1	– защитный варистор;
CM1, CM2	– электродвигатель компрессора;
CT1, CT2	– трансформаторы тока;
52C	– контактор (пускатель) включения компрессора;
SV1, SV2	– электромагнитные соленоидные клапаны;
20S	– четырехходовой клапан;
CH	– нагреватель картера компрессора;
TB2	– линия передачи данных;
X*n*	– реле.

Принципиальная электрическая схема блоков FDC224(280) приведена на рис. 7.1.6, а внутренних блоков – на рис. 7.1.7.

IBIK

На схеме внутреннего блока обозначены:

FM11, FM12	— двигатели вентиляторов обдува;
DM	— двигатель дренажного насоса;
LM	— двигатель жалюзи;
SW1, SW2	— переключатель установки адресов (номеров) наружных блоков;
SW3, SW4	— переключатель установки адресов внутренних блоков;
SM	— двигатель электронного терморегулирующего вентиля;
Th1-A	— датчик температуры воздуха в помещении;
Th1-R	— датчик температуры теплообменника внутреннего блока;
ES	— контакты поплавка включения дренажного насоса;
Va1	— защитный варистор;
X*n*	— реле.

7.1.2. ВНУТРЕННИЕ БЛОКИ СИСТЕМ КХ

Внутренние блоки выпускаются в 14 конструктивных исполнениях — всего 54 модели:

- настенные (FDK);
- потолочно-подвесные (FDE);
- напольные FDFL (FDFU — бескорпусные);
- канальные FDUM;
- потолочные с воздуховодной подачей (FDR);
- потолочные однощелевые (FDTS);
- потолочные двухщелевые (FDTW);
- потолочные четырехщелевые (FDT);
- потолочно-канальные перестраиваемые (FDTQ/FDQM — 5 типов).

Внутренние блоки имеют следующую градацию по производительности (кВт):

2,2; 2,8; 3,6; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11,2; 14,0.

Допускается установка производительности внутренних блоков на 30 % больше, чем номинальная производительность наружного блока. Это связано с тем, что вероятность одновременной работы всех внутренних блоков мала: какие-то помещения выйдут на заданный режим, и часть внутренних блоков будет выключена.

Так, максимальная производительность внутренних блоков для FDCJ140 составляет 18,2 кВт, FDCJ224 — 29,0 кВт, FDCJ280 — 36,4 кВт.

Схема электрическая внутреннего блока представлена на рис. 7.1.7. (для примера приведена схема блока FDTS).

Настенные внутренние блоки типа FDK/FDKY

Общий вид настенных блоков FDK приведен на рис. 7.1.8, а технические характеристики в таблице 7.1.2.

IBIK

Таблица 7.1.2. Технические характеристики блоков FDK

Модель		FDK					
		FDKJ22HKXE2	FDKJ28HKXE2	FDKJ36HKXE2	FDKJ45HKXE2	FDKJ56HKXE2	FDKJ71HKXE2
Холодопроизводительность	кВт	2,2	2,8	3,6	4,7	5,6	7,1
Теплопроизводительность	кВт	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0
Расход воздуха	$м^3$/мин	9/8	10/9/8	10/9/8	11,5/10/8	17/15/13	21/18/15
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	42/37	42/40/37	42/40/37	44/41/37	46/43/39	47/44/40
Размер	мм	375 × 930 × 194				375 × 1148 × 194	375 × 1436 × 194
Масса	кг	19				20	22
Фреоновая магистраль, мм	жидкость	Ø6,35				Ø9,52	
	газ	Ø12,7				Ø15,88	
	дренаж	Ø16					
Напряжение		1 фаза 220/240 В, 50 Гц					

Особенности внутренних блоков FDK:

- толщина блоков составляет 194 мм, что является минимальной толщиной среди аналогичных блоков других производителей;
- низкий уровень шума – 37 дБ (А);
- угол сканирования жалюзи – 70°;
- встроенный насос поднимает конденсат на высоту 1 м.

Потолочно-подвесные внутренние блоки FDE

Подвесные блоки FDE монтируются под потолком в любом месте. Внешний вид блоков FDE показан на рис. 7.1.8, а технические характеристики приведены в таблице 7.1.3.

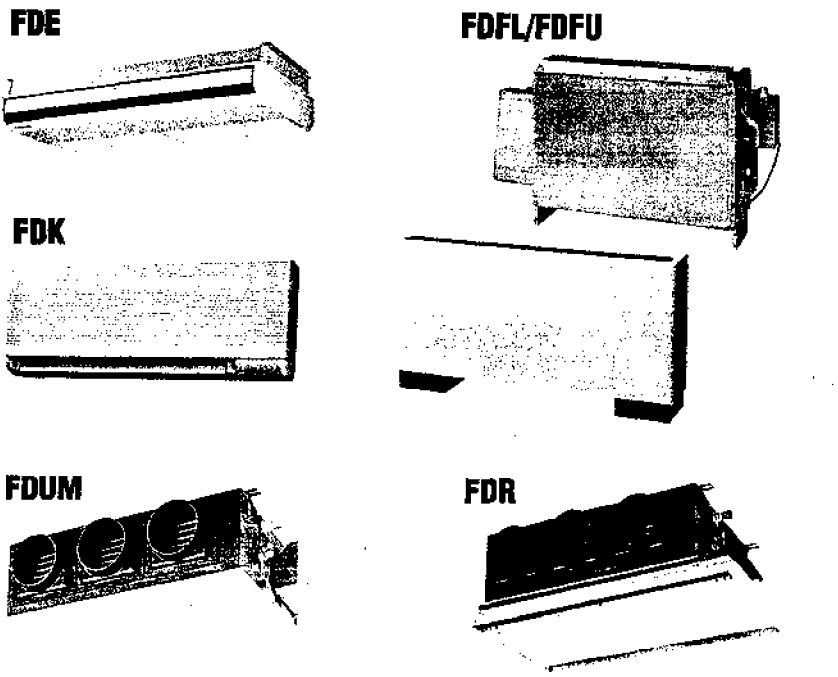


Рис. 7.1.8. Внешний вид внутренних блоков системы типа КХ

Таблица 7.1.3. Технические характеристики блоков FDE

Модель		FDE					
		FDEJ36HKXE2B	FDEJ45HKXE2B	FDEJ56HKXE2B	FDEJ71HKXE2B	FDEJ112HKXE2B	FDEJ140HKXE2B
Холодопроизводительность	кВт	3,6	4,5	5,6	7,1	11,2	14,0
Теплопроизводительность	кВт	4,0	5,0	6,3	8,0	12,5	16,0
Расход воздуха	м³/мин	14/12/10			18/15/12	28/25/22	34/30/26
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	43/40/38			44/40/38	49/46/42	50/47/42
Размер	мм	184×1000×650			184×1260×650	239×1260×650	239×1470×650
Масса	кг	22			27	34	40
Фреоновая магистраль, мм	жидкость	Ø6,35				Ø9,52	
	газ	Ø12,7		Ø15,88		Ø19,05	
	дренаж	Ø20					
Напряжение		1 фаза 220/240 В, 50 Гц					

Особенности потолочно-подвесных блоков FDE:

- хорошо вписываются в интерьеры стиля "ретро" и интерьеры многоуровневых помещений;
- низкий уровень шумов — 38 дБ (А);
- толщина блоков — 184 мм;
- угол сканирования жалюзи — 75°.

Потолочные внутренние блоки с воздуховодной подачей воздуха FDR

Потолочные блоки с воздуховодной подачей воздуха забирают воздух через решетку, выходящую в помещение, и подают в отверстия на

Таблица 7.1.4. Технические характеристики блоков FDR и FDTS

Модель			FDR					
			FDRJ22HKXE2	FDRJ28HKXE2	FDRJ45HKXE2	FDRJ56HKXE2	FDRJ71HKXE2	FDRJ90HKXE2
Холодопроизводительность	кВт		2,2	2,8	4,5	5,6	7,1	9,0
Теплопроизводительность	кВт		2,5	3,2	5,0	6,3	8,0	10,0
Расход воздуха	м³/мин		10/9/8	12/11/10	14/12/10		18/16/14	20/18/15
Уровень звуковой мощности	дБ (А)		41/39/36	42/40/37	43/40/37			
Размер	мм	панель	10×1040×750				10×1240×750	
		блок	355×750×635				355×950×635	
Фреоновая магистраль, мм	жидкость		Ø6,35			Ø9,52		
	газ		Ø12,7			Ø15,88		
	дренаж		Ø25					
Масса	кг	панель	7				8	
		блок	30				35	
Напряжение			1 фаза 220/240 В, 50 Гц					

Модель			FDR		FDTS				
			FDRJ112HKXE2	FDRJ140HKXE2	FDTSJ22HKXE2	FDTSJ28HKXE2	FDTSJ36HKXE2	FDTSJ45HKXE2	FDTSJ71HKXE2
Холодопроизводительность	кВт		11,2	14,0	2,2	2,8	3,6	4,5	7,1
Теплопроизводительность	кВт		12,5	16,0	2,5	3,2	4,0	5,0	8,0
Расход воздуха	м³/мин		28/25/22	34/31/27	8/11	12/11/10		14/12/10	18/15/12
Уровень звуковой мощности	дБ (А)		45/42/38	46/43/39	39/38	40/39/38		43/40/38	44/40/38
Размер	мм	панель	10×1660×750		10×1290×770				10×1500×790
		блок	406×1370×635		194×1040×650				194×1300×650
Фреоновая магистраль, мм	жидкость		Ø9,52		Ø6,35				Ø9,52
	газ		Ø19,05		Ø12,7				Ø15,88
	дренаж		Ø25						
Масса	кг	панель	9	9	6				7
		блок	50	52	26				30
Напряжение			1 фаза 220/240 В, 50 Гц						

IBIK

передней стенке. Отверстия рассчитаны на подключение воздуховодов диаметром 200 мм. В зависимости от производительности блока количество отверстий может быть от 2 до 4. Давление, создаваемое вентилятором: стандартное 40 Па, на больших оборотах 80 Па.

Внешний вид блоков FDR показан на рис. 7.1.8, а технические характеристики — в таблице 7.1.4.

Особенности потолочных блоков FDR:

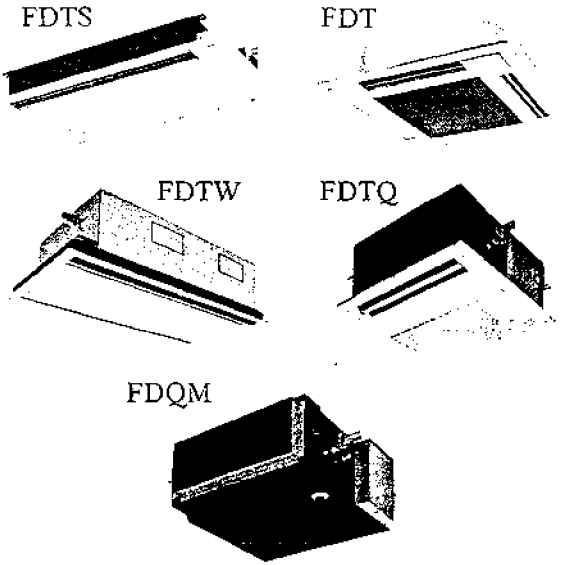


Рис. 7.1.9. Внешний вид внутренних блоков системы типа KX

- имеется возможность забора свежего воздуха через воздуховод круглого сечения диаметром 170 мм или через квадратный воздуховод 90 × 90 мм;
- возможно подсоединение гибкой вставки для согласования расположения потолочной панели с уровнем потолка;
- дренажный насос поднимает конденсат на высоту 500 мм;

Потолочные однощелевые внутренние блоки FDTS

В блоках FDTS забор воздуха производится через переднюю панель, а подача — через щель в противоположной стороне от заборной решетки. Внешний вид блока FDTS показан на рис. 7.1.9, а технические характеристики приведены в таблице 7.1.4.

Особенности потолочных блоков FDTS:

- допускается установка на высоте 4 м;
- дренажный насос поднимает конденсат на высоту 500 мм.

Потолочные четырехщелевые (кассетные) блоки FDT

В этих моделях забор воздуха осуществляется по центру, а подача — через четыре щели, расположенные по краям потолочной панели.

Так как площадь сечения щелей для выхода воздуха довольно большая, блоки FDT имеют низкий уровень шума. Их можно устанавливать в спальнях, детских комнатах и т. д.

Внешний вид показан на рис. 7.1.9, а технические характеристики приведены в таблице 7.1.5.

IBIK

Таблица 7.1.5. Технические характеристики блоков FDT

Модель		FDT							
		FDTJ28HKXE2	FDTJ36HKXE2	FDTJ45HKXE2	FDTJ56HKXE2	FDTJ71HKXE2	FDTJ90HKXE2	FDTJ112HKXE2	FDTJ140HKXE2
Холодопроизводительность	кВт	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0
Теплопроизводительность	кВт	3,2	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0
Расход воздуха	м³/мин	12/10/9	12/10/9	15/12/10	15/12/10	16/13/11	21/15/12	28/24/21	30/26/22
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	40/38/34		41/38/36		42/40/39	44/42/39	52/47/42	54/48/45
Размеры блока	мм	260×840×840						320×840×840	
Масса	кг	24						28	30
Фреоновая магистраль, мм	жидкость	Ø6,35			Ø9,52				
	газ	Ø12,7			Ø15,88			Ø19,05	
	дренаж	Ø25							
Размеры панели	мм	30×950×950							
Масса панели	кг	7,0							
Напряжение		1 фаза 220/240 В, 50 Гц							

Напольные блоки FDFL и FDFU

Напольные блоки FDFL могут устанавливаться в любом месте помещения на полу. Иногда эти блоки располагают на стене, на небольшой высоте.

Блоки FDFU бескорпусного исполнения располагаются в нишах, под окнами, где их зашивают декоративными панелями. При этом необходимо обеспечить вход воздуха снизу блока и выход через верхнюю панель. Внешний вид напольных блоков FDFL/FDFU показан на рис. 7.1.8. Технические характеристики приведены в табл. 7.1.6.

Особенности блоков FDFL/FDFU:

- высота блоков 630 мм позволяет устанавливать их в подоконном пространстве;
- воздушный поток может быть направлен в сторону (до 60° от вертикали).

Таблица 7.1.6. Технические характеристики блоков FDFL и FDFU

Модель		FDFL			FDFU			
		FDFL28HKXE2	FDFL45HKXE2	FDFL71HKXE2	FDFU28HKXE2	FDFU45HKXE2	FDFU56HKXE2	FDFU71HKXE2
Холодопроизводительность	кВт	2,8	4,5	7,1	2,8	4,5	5,6	7,1
Теплопроизводительность	кВт	3,2	5,0	8,0	3,2	5,0	6,3	8,0
Расход воздуха	м³/мин	12/11/10	14/12/10	18/15/12	12/11/10	14/12/10		18/15/12
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	41/38/36	43/41/40		41/38/36	43/41/40		
Размер	мм	630×1196×225		630×1481×225	630×1077×225			630×1362×225
Масса	кг	32		40	25			32
Фреоновая магистраль, мм	жидкость	Ø6,35		Ø9,52	Ø6,35		Ø9,52	
	газ	Ø12,7		Ø15,88	Ø12,7		Ø15,88	
	дренаж	Ø20						
Напряжение		1 фаза 220/240 В, 50 Гц						

IBIK

Потолочные двухщелевые блоки FDTW

Забор воздуха в блоках FDTW осуществляется по центру потолочной панели, а подача — через две щели, расположенные на краях панели. Внешний вид блоков FDTW показан на рис. 7.1.9, а технические характеристики приведены в таблице 7.1.7.

Особенности внутренних блоков FDTW:

- толщина декоративной панели не более 8 мм от уровня потолка;
- автоматическое колебание направляющих жалюзи воздуха на 60°;
- дренажный насос поднимает конденсат на высоту 600 мм.

Таблица 7.1.7. Технические характеристики блоков FDTW

Модель		FDTW						
		FDTWJ28HKXE2B	FDTWJ45HKXE2B	FDTWJ56HKXE2B	FDTWJ71HKXE2B	FDTWJ90HKXE2B	FDTWJ112HKXE2B	FDTWJ140HKXE2B
Холодопроизводительность	кВт	2,8	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0
Теплопроизводительность	кВт	3,2	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0
Расход воздуха	м³/мин	14/12/10			16/13/11	19/16/12	28/25/23	32/28/24
Уровень шума	дБ (А)	39/36/33			41/38/35	41/39/36	44/41/38	45/42/39
Размеры	мм	280×817×620			330×1054×620		345×1524×620	
Масса	кг	19,0			26,0		38,0	
Фреоновая магистраль, мм	жидкость	Ø6,35		Ø9,52				
	газ	Ø12,7		Ø15,88				
	дренаж	Ø25						
Размер панели	мм	8×1055×680			8×1300×680		8×1770×680	
Масса панели	кг	7,0			9,0		11,0	
Напряжение		1 фаза 220/240 В, 50 Гц						

Канальные блоки FDUM

Общий вид внутренних блоков FDUM приведен на рис. 7.1.8, а технические характеристики — в таблице 7.1.8.

Особенности внутренних блоков FDUM:

- забор и подача воздуха осуществляется через воздуховоды;
- дренажный насос поднимает конденсат на высоту 500 мм;
- использование малошумных вентиляторов позволяет снизить уровень шума до 29 дБ(А) (модели FDUMJ56HKXE2 и FDUMJ71HKXE2);
- компактный дизайн блока позволяет монтировать его в межпотолочном пространстве;
- сервисное обслуживание блока упрощено благодаря съемной нижней панели;

Таблица 7.1.8. Технические характеристики блоков FDUM

Модель		FDUM						
		FDUMJ36HKXE2	FDUMJ45HKXE2	FDUMJ56HKXE2	FDUMJ71HKXE2	FDUMJ90HKXE2	FDUMJ112HKXE2	FDUMJ140HKXE2
Холодопроизводительность	кВт	3,6	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0
Теплопроизводительность	кВт	4,0	5,0	6,3	8,0	10,0	12,5	16,0
Расход воздуха	м³/мин	12/11/10	14/12/11	14/12/11	18/16/14	20/18/15	28/25/22	34/31/27
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	34/32/29	35/32/29	35/32/29	35/32/29	36/33/30	38/35/32	39/37/34
Размер	мм	299×750×635			299×950×635		350×1370×635	
Масса	кг	34			40		57	59
Фреоновая магистраль, мм	жидкость	Ø6,35		Ø9,52				
	газ	Ø12,7		Ø15,88				
	дренаж	Ø25						
Напряжение		1 фаза 220/240 В, 50 Гц						

IBIK

- при использовании высоконапорного вентилятора длину круглого воздуховода диаметром 200 м можно увеличить до 20 м.

Потолочно-канальные (перестраиваемые) блоки FDTQ и FDQM

Указанная модель может поставляться в нескольких вариантах (рис. 7.1.10):

- щелевая модель с панелью TQ-PSA-13W-E, размер панели 35×625×650 мм;

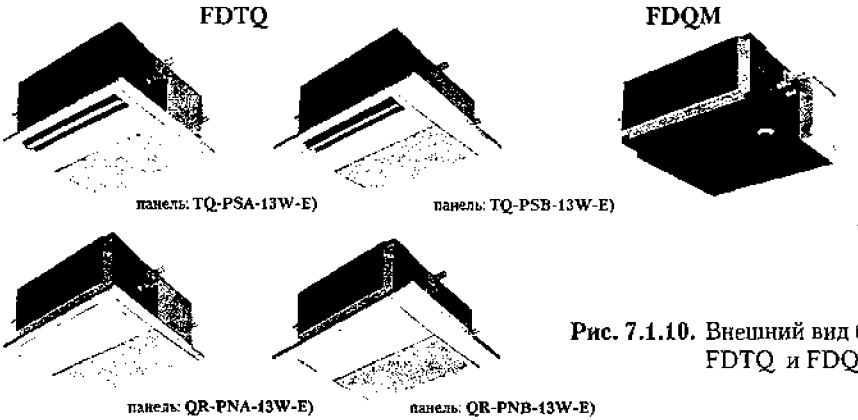


Рис. 7.1.10. Внешний вид блоков FDTQ и FDQM

- щелевая модель с панелью TQ-PSB-13W-E, размер панели 35×780×650 мм;
- канальная модель с забором воздуха снизу с панелью QR-PNA-13W-E, размер панели 35×625×600 мм;
- канальная модель с панелью QR-PNB-13WE, размер панели 35×780×600 мм;
- канальная модель беспанельного типа FDQM.

Технические характеристики блоков FDTQ/FDQM приведены в таблице 7.1.9, а внешний вид — на рис. 7.1.10.

Таблица 7.1.9. Технические характеристики блоков FDTQ и FDQM

Модель			FDTQ												FDQM
			FDTQJ22HKXE3				FDTQJ28HKXE3				FDTQJ36HKXE3				FDQMJ36HKXE3
Тип панели			Жалюзи		Воздуховод		Жалюзи		Воздуховод		Жалюзи		Воздуховод		–
Номер панели			TQ-PSA-13W-E	TQ-PSB-13W-E	QR-PNA-13W-E	QR-PNB-13W-E	TQ-PSA-13W-E	TQ-PSB-13W-E	QR-PNA-13W-E	QR-PNB-13W-E	TQ-PSA-13W-E	TQ-PSB-13W-E	QR-PNA-13W-E	QR-PNB-13W-E	–
Холодопроизводительность	кВт		2,2				2,8				3,6				3,6
Теплопроизводительность	кВт		2,5				3,2				4,0				4,0
Расход воздуха	м³/мин		7/5,4		7/6,5		7/5,4		7/6,5		7/5,4		7/6,5		7/6,5
Уровень звуковой мощности	дБ (А)		38/33		42/39		38/33		42/39		38/33		42/39		34/31
Размер	мм	блок	250×570×570												257×570×570
		панель	35×625×650	35×780×650	35×625×650	35×780×650	35×625×650	35×780×650	35×625×650	35×780×650	35×625×650	35×780×650	35×625×650	35×780×650	
Масса	кг	блок	19												21
		панель	2,5	3	2,5	3	2,5	3	2,5	3	2,5	3	2,5	3	–
Фреоновая магистраль, мм	жидкость		Ø6,35												
	газ		Ø12,7												
	дренаж		Ø25												
Напряжение			1 фаза 220/240 В, 50 Гц												
Пульт управления			RCD-HKX-S-E2		RCD-HKX-E2		RCD-HKX-S-E2		RCD-HKX-E2		RCD-HKX-S-E2		RCD-HKX-E2		

7.1.3. ПУЛЬТЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМ KX

Связь внутреннего блока с пультом может осуществляться дистанционно инфракрасным излучением или проводным соединением. Дистанционный пульт аналогичен пульту бытовых кондиционеров, описанных в разделе 5.3.1. Проводной пульт аналогичен пульту полупромышленных кондиционеров, описанных в разделе 6.3.1. Для управления кондиционерами FDR и FDUM используется пульт RCD-HKX-E2, для кондиционеров FDFL– пульт RCD-HKXFL-E2. Оба пульта без функции сканирования "Autoswing". Для остальных моделей (с настенным пультом) используется пульт RCD-HKX-S-E2.

В моделях, которые на заводе-изготовителе комплектуются проводным пультом, может быть установлен дистанционный ИК-пульт. Для этого необходимо вместо проводного пульта установить ИК-приемник RCND-KIT-HE (рис. 7.1.11).

Комбинация стандартного проводного пульта с сетевым пультом SC-NR-E (рис. 7.1.12) позволяет одновременно управлять системой, состоящей из 16 кондиционеров. При этом возможно параллельное управление с обоих пультов — кондиционер будет реагировать на последнюю команду. Питание пульта SC-NR-E осуществляется от отдельного блока, поставляемого в комплекте с пультом.

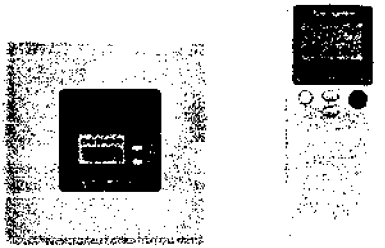


Рис. 7.1.11. ИК-приемник RCND-KIT-HE и дистанционный ИК-пульт

Для управления всеми внутренними блоками с одного рабочего места, например, с диспетчерского пульта в офисном помещении или в гостинице, применяются групповые пульты.

Групповой пульт SLA-1-E (рис. 7.1.13, *а*) предназначен для включения и выключения до 16 внутренних блоков. Подключается пульт к сигнальной линии AB.

Режимы работы кондиционеров устанавливаются на собственных индивидуальных пультах, а включение и выключение внутреннего блока производится с группового пульта SLA-1-E.

С пульта SLA-1-E можно включать/выключать каждый внутренний блок в отдельности или одновременно все блоки (клавиши ALL1 и ALL0).

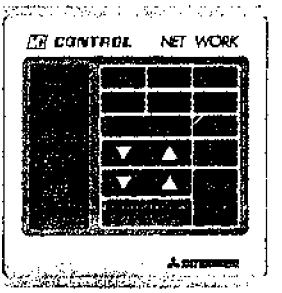
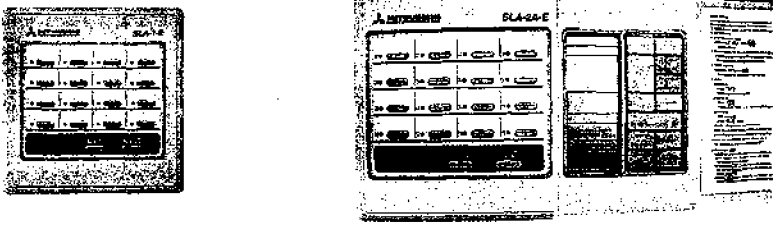


Рис. 7.1.12. Сетевой пульт SC-NR-E

На пульте имеются светодиодные индикаторы (красные и зеленые), располагаемые рядом с клавишами индивидуального включения/выключения. Если внутренний блок включен, то светится зеленый индикатор. При отказе блока светится красный индикатор. Отсутствие свечения означает обрыв связи с этим блоком.

IBIK



а *б*

Рис. 7.1.13. Групповые пульты:
а – SLA-1-E; *б* –SLA-2A-E

Для управления внутренними блоками и установки их режимов с рабочего места диспетчера предназначен групповой пульт SLA-2A-E (рис. 7.1.13, *б*).

С помощью группового пульта SLA-2A-E можно управлять и устанавливать режимы 48 блокам или 16 группам блоков. При этом в каждой группе может быть до 48 блоков. На одну сигнальную линию может быть подключено до 3-х пультов SLA-2A-E.

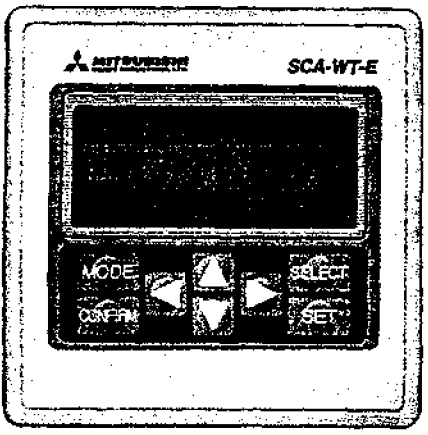


Рис. 7.1.14. Недельный таймер SCA-WT-E

Используя пульт SLA-2A-E и переключатель SW9-1, в сигнальную линию можно подключить недельный таймер SCA-WT-E (рис. 7.1.14), с помощью которого устанавливается индивидуальный режим включения/выключения внутренних блоков. Время устанавливается с дискретностью одна минута.

На дисплее таймера высвечиваются текущий день и текущее время. Можно вывести информацию о режиме работы каждого внутреннего блока.

Если предусматривается одинаковая недельная программа для всех потребителей, переключатель SW9-1, расположенный на печатной плате таймера, необходимо установить в положение OFF.

При установке переключателя SW9-1 в положение ON воэможны индивидуальные расписания для каждого потребителя. При этом установка параметров производится с группового пульта SLA-2A-E. Автоматическое включение/выключение может происходить не более 3 раз в сутки. Возможна установка программы на будние и праздничные дни. После выключения таймера записанная программа остается в памяти таймера.

IBIK

Если переключатель SW9-2 установлен в положение ON, то в случае аварийного отключения электропитания после возобновления его подачи временной график работы будет восстановлен. Таймер сохраняет информацию временного графика в течение 100 часов после отключения электропитания. Если переключатель SW9-2 установлен в положение OFF, то после возобновления подачи электропитания кондиционер будет остановлен.



Рис. 7.1.15. Упрощенный пульт RCD-K-S-E2

Если используется пульт SLA-2A-E, то в качестве индивидуальных пультов можно применить упрощенный пульт RCD-K-S-E2 (рис. 7.1.15).

Упрощенный пульт RCD-K-S-E2 позволяет задавать температуру, скорость вращения вентилятора, включать/выключать жалюзи (в режиме автоматических колебаний).

7.1.4. СЕТЕВАЯ СИСТЕМА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ

Система управления QSS-NET предназначена для компьютеризованного управления микроклиматом здания. Обязательными компонентами системы являются персональный компьютер и модуль QSS-Checker (рис. 7.1.16), сопрягающий приборный и компьютерный интерфейсы обмена данными.

Модуль QSS-Checker позволяет подключать несколько кондиционеров, объединенных в систему кондиционирования, к персональному компьютеру, интегрируя все элементы в комплексную локальную сеть для выполнения централизованного контроля и функционального управления системой кондиционирования.

При помощи модема и телефонной линии локальную сеть с интерфейсным модулем QSS-Checker можно подключать к удаленному компьютерному терминалу (только при использовании полупромышленной серии).

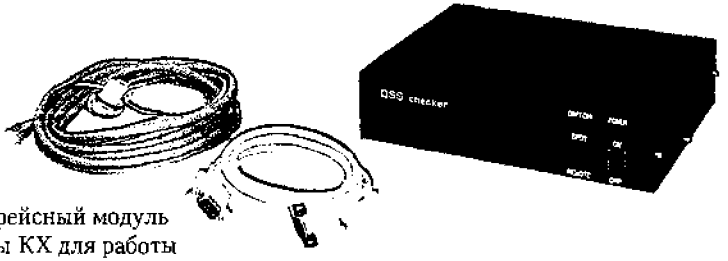


Рис. 7.1.16. Интерфейсный модуль системы КХ для работы с персональным компьютером (модуль QSS-Checker)

Интерфейсный модуль QSS-Checker поставляется фирмой Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. в комплекте с программным обеспечением (на компакт-диске) и соединительным кабелем.

7.1.4.1. МОДЕЛИ И КОЛИЧЕСТВО КОНДИЦИОНЕРОВ, ПОДКЛЮЧАЕМЫХ К МОДУЛЮ QSS-CHECKER

К модулю QSS-Checker можно подключать только перечисленные ниже модели кондиционеров:

- бытовая серия RAC: SRC-GZ, т. е. модели с последовательным соединением шины обмена данными между внутренними и наружными блоками;
- полупромышленная серия PAC: KX — модели с соединением блоков коммуникационной шиной по типу системы Super Link посредством одного кабеля. Кондиционеры серии PAC старых моделей с соединением наружного и внутреннего блоков посредством трех кабелей оснащаются по отдельному заказу специальным адаптером;
- серия GHP: модели, интегрируемые в сеть Super Link.

Максимальное количество внутренних блоков, объединяемых в локальную сеть для подключения к терминалу QSS (QSS-Checker + персональный компьютер):

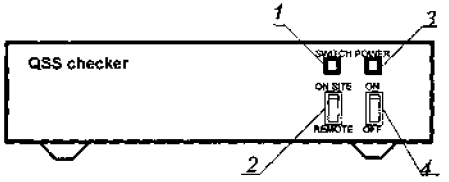
8 внутренних блоков — для моделей типа KX и GHP;

4 внутренних блока — для моделей типа SRK.

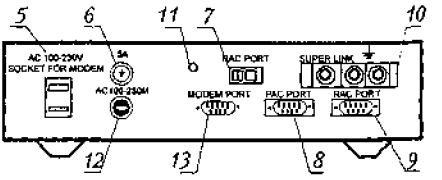
7.1.4.2. АППАРАТНЫЕ И СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРСОНАЛЬНОМУ КОМПЬЮТЕРУ

- операционная система Windows 95/98, англоязычная версия;
- центральный процессор (CPU) не ниже PC 100 МГц;
- оперативная память (RAM) не менее 16 Мб;
- свободное пространство на жестком диске не менее 10 Мб.

7.1.4.3. УСТРОЙСТВО МОДУЛЯ QSS-CHECKER



Лицевая панель модуля QSS-Checker



Тыльная панель модуля QSS-Checker

1 SWITCH — функциональный светодиодный индикатор. Светится при работе модуля в локальной сети;

2 ON SITE/REMOTE — переключатель локального/дистанционного управления;

IBIK

3 POWER – светодиодный индикатор электропитания. Светится при подаче электропитания на модуль;
4 ON/OFF – выключатель модуля QSS-Checker;
5 AC100–230V – разъем питания цепи переменного тока (100–230 В) для модема;
6 Плавкий предохранитель с номиналом 5А для цепи переменного тока;
7 RAC PORT – разъем для подключения кабеля, соединяющего модуль с кондиционерами серии RAC;
8 PAC PORT – 9-контактный разъем, сторона DCE (аппаратуры передачи данных) для подключения модуля к компьютеру – при использовании кондиционеров серии PAC;
9 RAC PORT – 9-контактный разъем, сторона DCE (аппаратуры передачи данных) для подключения модуля к компьютеру – при использовании кондиционеров серии RAC;
10 SUPER LYNK – разъем для подключения кабеля, соединяющего модуль с системой кондиционирования, интегрированной в сеть Super Link (кондиционеры серии PAC и GHP);
11 Светодиодный индикатор установки соединения – светится желтым светом при установлении коммуникационного соединения с компьютером локальной сети или удаленного доступа (через модем);
12 AC100–230V – разъем для подключения силового кабеля цепи переменного тока;
13 MODEM PORT – 9-контактный разъем, сторона DTE (оконечного оборудования пользователя) для коммуникации с модемом.

7.1.4.4. ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Система QSS-NET предназначена для выполнения трех функций:

- контроля рабочих параметров;
- функционального управления и модификации установочных параметров;
- обработки аварийных состояний и сбоев в работе.

Эти функции в зависимости от моделей кондиционеров поддерживаются либо комплексно, либо частично.

Возможности системы управления QSS–NET:

- локальный контроль рабочих параметров и обработка аварийных состояний и сбоев в работе *(для локальной сети с кондиционерами серии PAC и RAC);*
- локальное управление рабочими режимами/изменение установочных параметров (*для локальной сети с кондиционерами серии PAC*);
- дистанционный контроль, управление рабочими режимами и модификация уставок *(для сети удаленного доступа с кондиционерами серии PAC — только для Японии).*

Контроль рабочих параметров

Локальная сеть с терминалом QSS-NET позволяет выполнять непрерывный контроль следующих рабочих параметров:

IBIK

Для внутренних блоков:

№	Параметр	Серия кондиционера						
		RAC	PAC без инвертора	PAC с инвертором	KX	KX более 36 кВт	KXR	KXRW
1	Уставка		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
2	Температура возвратного воздуха (температура в помещении)		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
3	Температура испарителя		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
4	Требуемая частота компрессора, Гц	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
5	Состояние компрессора: Включен/Выключен		*	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
6	Действительная частота компрессора, Гц			⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
7	Открытие терморегулирующего вентиля (E.E.V.)	⊕			⊕	⊕	⊕	⊕
8	Сбой в работе в режиме реального времени (код E)		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
9	Рабочий режим	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
10	Рабочий статус кондиционера: Включено/Выключено		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
11	Функция защиты от токовых перегрузок: (Задействована / Не задействована)	⊕						
12	Режим работы вентилятора наружного блока	⊕						
13	4-ходовой вентиль (Открыт / Закрыт)	⊕						
14	Сервисный вентиль SV (Открыт / Закрыт)	⊕						

Для наружных блоков:

№	Параметр	Серия кондиционера						
		RAC	PAC без инвертора	PAC с инвертором	KX	KX более 36 кВт	KXR	KXRW
1	Рабочая частота инвертора, Гц	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
2	Температура наружного воздуха	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
3	Температура в теплообменнике № 1 конденсатора		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
4	Температура на линии нагнетания (для компрессора с инвертором)	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
5	Температура картера компрессора (для компрессора с инвертором)	*			⊕	⊕	⊕	⊕
6	Потребляемый ток компрессора (для компрессора с инвертором)	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
7	Температура на линии нагнетания (для компрессора №2)					⊕		
8	Потребляемый ток компрессора (для компрессора №2)					⊕		
9	Температура на линии нагнетания (для компрессора №3)					⊕		
10	Потребляемый ток компрессора (для компрессора №3)					⊕		
11	Температура в теплообменнике №2 конденсатора	*				⊕		
12	Сбой в работе наружного блока	⊕						
13	Функция защиты от токовых перегрузок	⊕						
14	Состояние компрессора: Включен/Выключен		⊕					

* Некоторые модели серии могут ие поддерживать эту опцию.

Функциональное управление и модификация уставок (локальная сеть с кондиционерами серии PAC).

Управление работой системы кондиционирования предполагает следующие возможности:

1. Включение/выключение каждого внутреннего блока.
2. Установка рабочего режима для каждого внутреннего блока (охлаждение — нагрев — вентиляция — автоматический — осушка).
3. Задание требуемой температуры в помещении (уставки) в диапазоне от 0 до 50 °С для каждого внутреннего блока.
4. Установка скорости вентилятора (высокая — средняя — низкая) для каждого внутреннего блока.

IBIK

5. Перезапуск и инициализация пульта дистанционного управления при возникновении сбоя в работе.
6. Установка режимов системы управления: Center (только централизованное управление) и Center/Remote (управление по принципу приоритета последней заданной команды — с индивидуального пульта или с пульта централизованного управления).
7. Одновременное включение (режимы охлаждения или нагрева) или выключение всех внутренних блоков со следующими параметрами:
   - охлаждение: уставка 18 °С, высокая скорость вентилятора;
   - нагрев: уставка 30 °С, высокая скорость вентилятора.

Обработка аварийных состояний и сбоев в работе (локально — для кондиционеров серий RAC и PAC, через модем — только для серии PAC).

При выводе на экран диалогового окна программы контроля отображаемые данные автоматически сохраняются в отдельном файле как рабочие характеристики (эта функция действительна только в том случае, если в диалоговом окне "Do you save data as file?" выбрать "Yes").

Возникновение аварийной ситуации или сбоя в работе того блока, рабочее состояние которого на данный момент контролируется, индицируется подачей звукового сигнала и выводом на дисплей компьютера соответствующего сообщения. При этом сохранение отображаемых программой контроля данных прекращается.

Примечание. Для кондиционеров серии RAC программа контроля блокируется через 2 минуты после прекращения обмена данными по причине аварийной ситуации. Для кондиционеров серии PAC сохранение отображаемых данных прекращается, но контроль не блокируется.

7.1.5. ФРЕОНОВАЯ МАГИСТРАЛЬ СИСТЕМ КХ

Внутренние блоки соединяются с компрессорно-конденсаторным блоком фреоновой магистралью. Максимальная длина фреоновой магистрали от компрессорно-конденсаторного блока до наиболее удаленного внутреннего блока может быть 130 м.

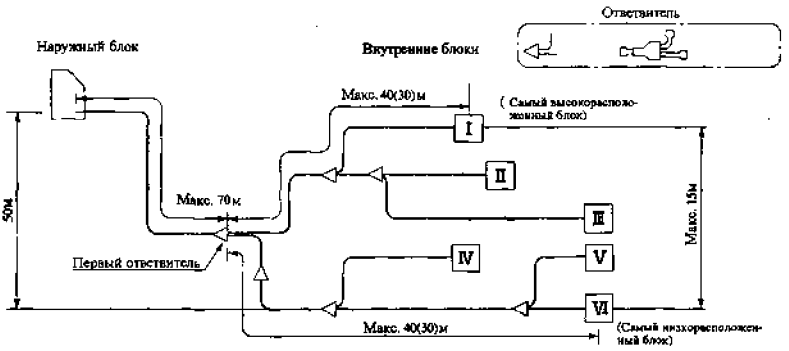


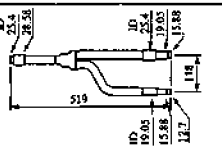
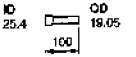
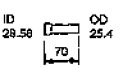
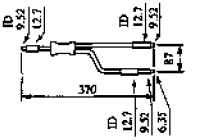
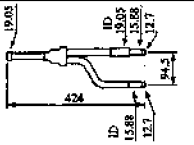
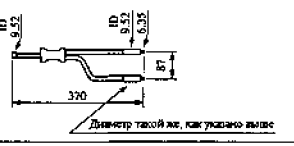
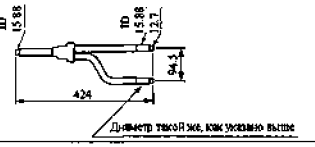
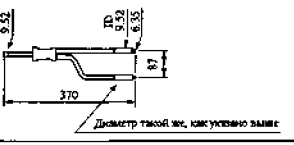
Рис. 7.1.17. Допустимые расположения блоков системы КХ

Таблица 7.1.10. Выбор элементов фреоновой магистрали систем типа КХ

Параметр / Модель		FDC140			FDC224			FDC280		
		газ	жидкость	ответвитель	газ	жид-кость	ответвитель	газ	жидкость	ответвитель
Наружный блок		Ø19,05	Ø9,52		Ø25,4	Ø12,7		Ø28,58	Ø12,7	
Общая магистраль		Ø19,05	Ø9,52		Ø25,4	Ø12,7		Ø28,58	Ø12,7	
Первый ответвитель		Ø19,05	Ø9,52	DIS-2KX20-E	Ø25,4	Ø12,7	DIS-2KX30-E	Ø28,58	Ø12,7	DIS-2KX30-E
Общая производительность внутренних блоков после ответвителя, кВт	менее 10	Ø15,88	Ø9,52	DIS-2KX10-E	Ø15,88	Ø9,52	DIS-2KX10-E	Ø15,88	Ø9,52	DIS-2KX10-E
	от 10 до 18	Ø19,05		DIS-2KX20-E	Ø19,05		DIS-2KX20-E	Ø19,05		DIS-2KX20-E
	более 18				Ø25,4	Ø12,7	DIS-2KX30-E	Ø25,4	Ø12,7	DIS-2KX30-E

К внутренним блокам хладагент подается из основной магистрали по ответвлениям (рис. 7.1.17). Максимальная длина до первого ответвления составляет 70 м. Разность по высоте между наружным и внутренним блоками может быть 40 м, если наружный блок ниже внутреннего, и 50 м, если наружный блок выше внутреннего.

Таблица 7.1.11. Типы и размеры ответвителей систем КХ

Модель		№	Ответвитель		№	Переходник
DIS-2KX30-E	Газовая линия	①		Газовая линия	⑦	
					⑧	
	Жидкостная линия	②		Жидкостная линия	—	—
DIS-2KX20-E	Газовая линия	③		Газовая линия	—	—
	Жидкостная линия	④		Жидкостная линия	—	—
DIS-2KX10-E	Газовая линия	⑤		Газовая линия	—	—
	Жидкостная линия	⑥		Жидкостная линия	—	—

IBIK

Максимальное расстояние между внутренними блоками по высоте – 15 м. Определение диаметров участков фреоновой магистрали и выбор типа ответвителя производится, исходя из количества хладагента, которое должно пройти по магистрали для обеспечения требуемой холодопроизводительности (табл. 7.1.10).

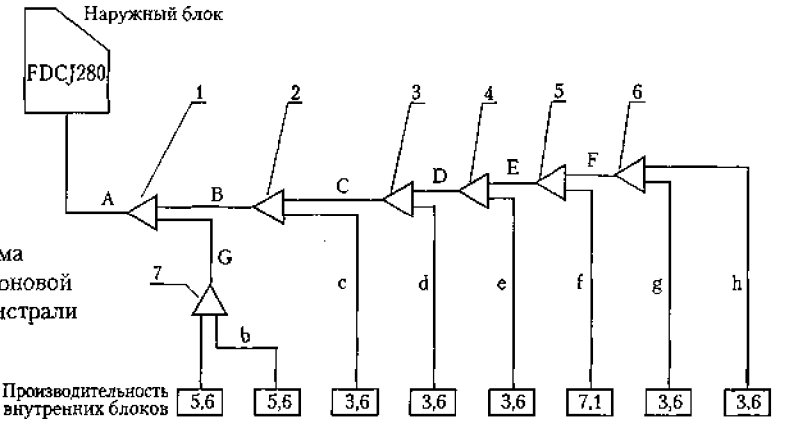


Рис. 7.1.18. Схема фреоновой магистрали

Рассмотрим пример подбора элементов фреоновой магистрали, изображенный на рис. 7.1.18.

Сплит-система состоит из одного компрессорно-конденсаторного блока FDC280, имеющего номинальную производительность 28 кВт, и 8 внутренних блоков. На основной магистрали необходимо установить 6 ответвителей и на первом ответвлении (участок G) — один ответвитель.

Составим таблицу 7.1.12 холодопроизводительности внутренних блоков после каждого ответвителя и по таблице 7.1.10 найдем необходимые диаметры трубопроводов. Аналогично выбираем ответвители (табл. 7.1.13).

Таблица 7.1.12. Пример выбора диаметров труб фреоновой магистрали

Участок магистрали	Холодопроизводительность внутренних блоков после участка, кВт	Диаметр труб, мм	
		газ	жидкость
A	36,3	28,58	12,7
B	25,1	25,4	12,7
C	21,5	19,05	9,52
D	17,9	19,05	9,52
E	14,3	19,05	9,52
F	7,2	15,88	9,52
G	11,2	19,05	9,52
a	5,6	15,88	9,52
b	5,6	15,88	9,52
c	3,6	12,7	6,35
d	3,6	12,7	6,35
e	3,6	12,7	6,35
f	7,1	15,88	9,52
g	3,6	12,7	6,35
h	3,6	12,7	6,35

IBIK

Таблица 7.1.13. Пример выбора ответвителей фреоновой магистрали

Номер ответвителя	Производительность внутренних блоков после ответвителя, кВт	Тип ответвителя
1	36,3	DIS-2KX-30-E
2	25,1	DIS-2KX-30-E
3	21,5	DIS-2KX-30-E
4	17,5	DIS-2KX-20-E
5	14,3	DIS-2KX-20-E
6	7,2	DIS-2KX-10-E
7	11,2	DIS-2KX-20-E

7.1.6. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ СИСТЕМ КХ

Сечение проводов электропитания должно выбираться исходя из того, что во время прохождения пусковых токов падение напряжения на проводах не должно быть более 2 % от номинального значения. Напряжение питания подается независимо на наружный и внутренние блоки. Питание наружного блока осуществляется трехфазным напряжением 380 В, 50 Гц. Должна быть предусмотрена токовая защита и защита от токов утечки (устройство защитного отключения или дифференциальное реле) в соответствии с таблицей 7.1.14.

Для защиты внутренних блоков может быть установлен один автоматический выключатель с устройством защитного отключения в соответствии с табл. 7.1.15.

Таблица 7.1.14. Требования к сети питания блоков FDC

Модель	Вид напряжения	Сечение провода, мм²	Ток срабатывания, А			
			Силовой выключатель	Автоматический выключатель	Дифреле	Сечение провода заземления, мм²
FDC140	3 фазы, 380 В, 50 Гц	3,5	30	25	30 А, 30 мА, 0,1 с	2,0
FDC224		5,5	40	30	40 А, 100 мА 0,1 с	2,0
FDC280		8,0	60	50	60 А 100 мА 0,1 с	3,5

Таблица 7.1.15. Требования к сети питания внутренних блоков систем КХ

Параметры		Ток срабатывания, А			Сечение сигнального провода и сечение провода заземления, мм²
		Сечение провода, мм²	Автоматический выключатель	Дифреле	
Общий ток внутренних блоков	менее 10 А	2,0	20	20 А, 100 мА 0,1 с	0,75×2
	от 10 до 15 А	3,5	30	30 А, 100 мА 0,1 с	0,75×2

IBIK

Схема соединений показана на рис. 7.1.19.

Внутренние блоки соединяются с наружным двухпроводной информационной линией связи (провода А, В). По этой линии идет обмен данными между наружным блоком, где расположен процессор, и внутренними блоками (рис. 7.1.20). Провода А и В неполярные, их можно менять местами, однако при соединении блоков информационная линия не должна быть "закольцована", как показано на рис. 7.1.21.

По информационной линии передаются импульсные сигналы напряжением 5 В, поэтому для повышения помехоустойчивости эти провода необходимо экранировать.

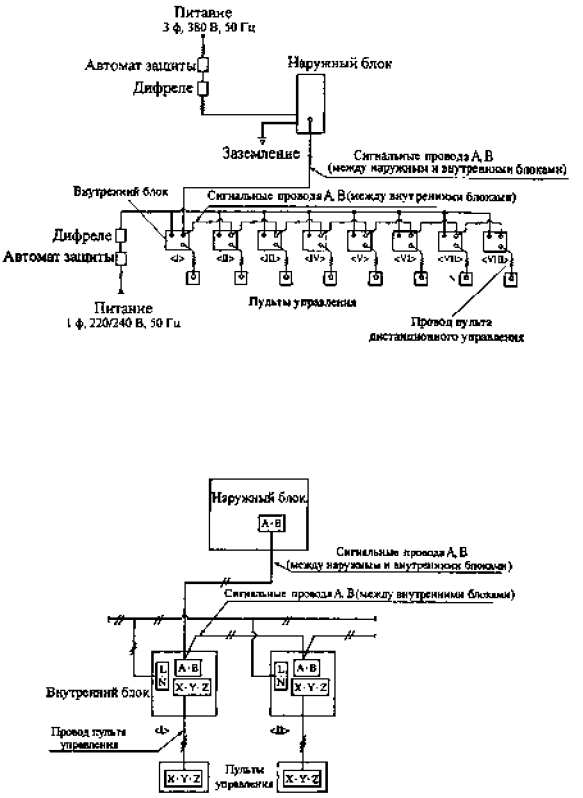


Рис. 7.1.19. Схемы соединений блоков системы КХ

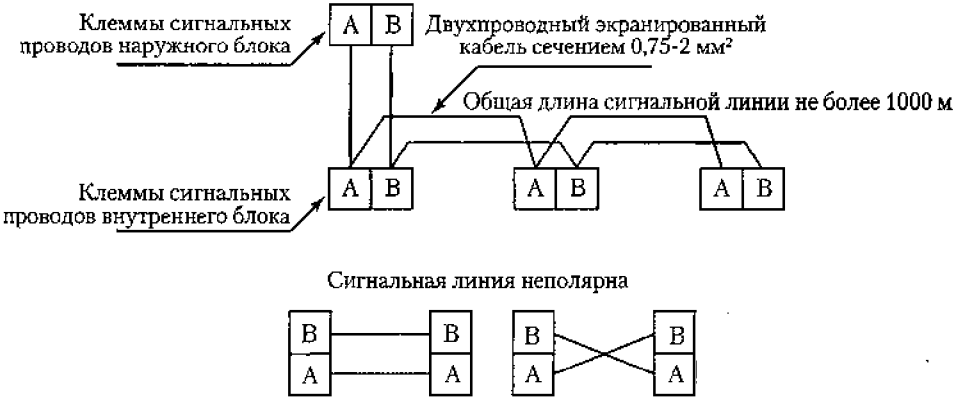
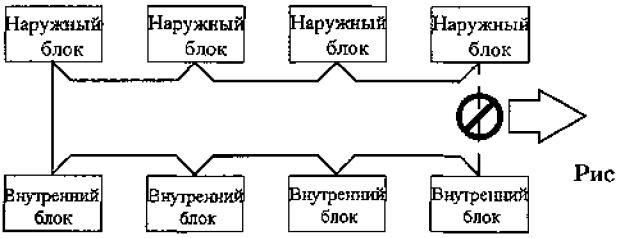


Рис. 7.1.20. Схема информационной (сигнальной) линии



Недопустимое соединение! ("закольцевание" сигнальной линии)

Рис. 7.1.21. Пример ошибочного соединения сигнальной линии

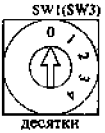
При первом включении процессор наружного блока присваивает номера (адреса) внутренним блокам. В дальнейшем вся информация о состоянии внутреннего блока будет выдаваться под присвоенным ему адресом. Например, если один из внутренних блоков отказал, то на пультах высветится адрес блока и условный код ошибки.

Присвоение адресации может быть выполнено вручную. Для этого нужно присвоить адрес наружному блоку и внутреннему. Адрес наружного блока присваивается с помощью переключателей SW1 и SW2 от 00 до 47 (рис. 7.1.22).

На внутреннем блоке с помощью переключателей SW3 и SW4 необходимо выставить адрес наружного блока, которому "подчинен" внутренний блок, а с помощью переключателей SW1 и SW2 присвоить адрес внутреннему блоку (от 00 до 47).

При установке переключателей на наружном и внутренних блоках 48 или 49 адресация будет осуществляться автоматически. При наличии двух и более наружных блоков адресация должна быть выполнена таким образом, чтобы информационные связи соответствовали соединению фреоновой магистрали. Так, если фреоновая магистраль наружного блока 01 (рис. 7.1.23) соединена с внутренними блоками 03, 04 и 05, то на этих внутренних блоках переключатели SW3 и SW4 (адрес наружного блока) должны быть выставлены в положение 01.

Печатная плата внутреннего блока	SW1, 2 (синий)	Установка номера внутреннего блока (десятки и единицы)
	SW3, 4 (зеленый)	Установка номера наружного блока (десятки и единицы)
Печатная плата наружного блока	SW1, 2 (зеленый)	Установка номера наружного блока (десятки и единицы)





С помощью заостренного предмета (например, отвертки) установите указатель на требуемое значение

		SW2 (SW4) единицы									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SW1 (SW3) десятки	0	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	1	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	2	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	3	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	4	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49

Рис. 7.1.22. Установка адресации блоков системы КХ

IBIK

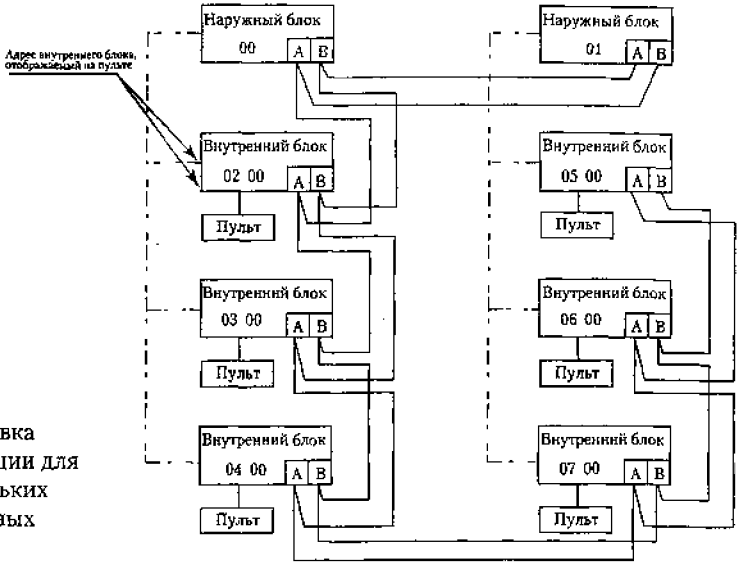


Рис.7.1.23. Установка адресации для нескольких наружных блоков

По номеру, присвоенному наружному блоку, можно определить, какие внутренние блоки связаны с ним фреоновой магистралью. На пультах внутренних блоков отображается номер наружного блока, к которому они подсоединены, и собственный номер внутреннего блока.

Внутренние блоки соединяются с пультом управления тремя проводами (X, Y, Z). При этом выводы X, Y и Z внутреннего блока должны быть соответственно соединены с выводами X, Y, Z пульта.

Менять провода X, Y, Z местами недопустимо!

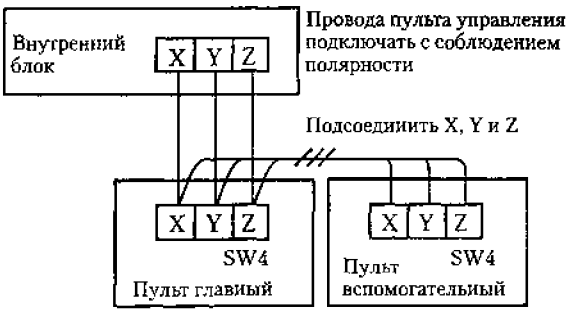


Рис. 7.1.24. Управление внутренним блоком двумя пультами

Один внутренний блок может управляться двумя пультами. Схема соединений для этого случая показана на рис. 7.1.24. При этом один из пультов определяется главным (переключатель SW4 — в положении "Master"), а второй подчиненным (SW4 — в положении "Slave"). Регулировка температуры будет производиться по датчику температуры, расположенному в главном пульте.

Если необходимо управлять несколькими внутренними блоками с одного пульта, то схема соединений должна быть выполнена в соответствии с рис. 7.1.25.

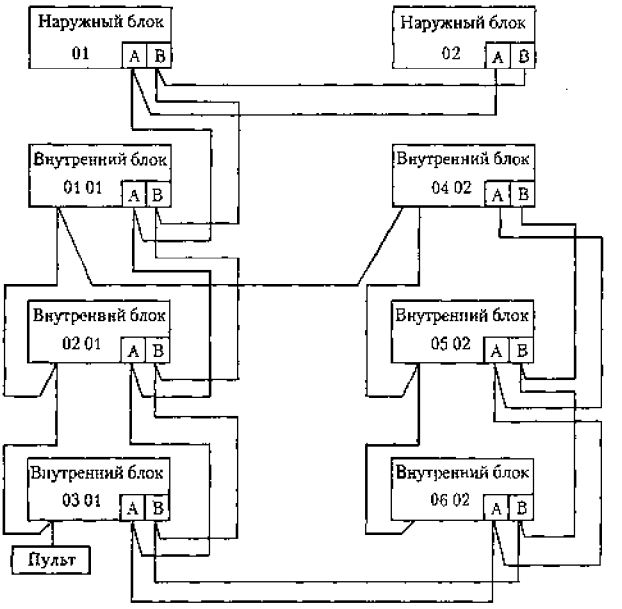


Рис. 7.1.25. Управление несколькими внутренними блоками одним пультом

7.1.7. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ КХ

1. Регулировка производительности

Регулировка производительности компрессора осуществляется путем изменения частоты вращения электродвигателя компрессора. Частота вращения может изменяться в пределах: для блоков FDC140 — от 20 до 80 Гц; для блоков FDC224(280) — от 20 до 120 Гц.

В наружном блоке FDC140 установлен один компрессор с инверторным управлением. В блоках FDC224 и FDC280 установлено 2 компрессора: один — с инверторным управлением (CM1), другой — постоянной производительности (CM2). При включении кондиционера сначала включается инверторный компрессор, который при необходимости увеличивает холодопроизводительность (частоту вращения) до максимального значения. Если требуется холодопроизводительность больше, чем максимальная частота инверторного компрессора, то включается второй компрессор на максимальную производительность, а инверторный компрессор выдает только недостающую производительность (работает в дополняющем режиме). После включения кондиционера инверторный компрессор начинает работать с частотой вращения 5 Гц, увеличивая частоту на 2 Гц в секунду. До тех пор, пока частота вращения не достигнет 25 Гц, компрессор будет работать без нагрузки. Клапан SV1 открыт (рис. 7.1.3 и 7.1.4), и хладагент циркулирует по цепи "компрессор—теплообменник—клапан SV1—капиллярная трубка—компрессор", не попадая в основную фреоновую магистраль. При достижении частоты 25 Гц клапан SV1 закрывается,

IBIK

и фреон попадает в основную магистраль. Такой алгоритм работы облегчает пусковой режим двигателя компрессора. Максимальная частота компрессора CM1 зависит от наружной температуры:

- при температуре ниже 0 °С компрессор работает с частотой 20 Гц в течение 45 с после пуска;
- при температуре окружающей среды выше 0 °С компрессор работает с частотой 65 Гц в течение 32,5 с после пуска.

При срабатывании системы защиты по команде внутреннего или наружного блока компрессор CM1 останавливается. В случае аварийной остановки компрессора CM1 компрессор CM2 также останавливается.

2. Работа в режиме охлаждения

В зависимости от разности между температурой внутри помещения (возвратный поток воздуха измеряется датчиком температуры Th_1-A) и температурой, установленной пользователем на пульте, внутренний блок "затребует" определенную производительность, которую должен обеспечить наружный блок.

Такая производительность определяется частотой вращения компрессора. Диапазон частот, которые могут "затребовать" различные модели внутренних блоков, приведены в таблице.

Диапазон частот для внутренних блоков

Частота	Производительность блока, кВт								
	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0
Затребованная	10-15	10-20	10-25	10-25	15-30	15-40	15-50	35-60	35-70
Выдаваемая	5-15	5-20	5-25	5-25	5-30	5-40	5-50	5-60	5-70

Диапазон частот для наружных блоков

Модель	FDCJ(P)224HKXE2D	FDCJ(P)224HKXE2D
Общее значение частоты компрессора, Гц	20-120	20-130

Распределение производительности между компрессорами CM1 и CM2 производится в зависимости от производительности, запрошенной внутренними блоками

Распределение производительности между компрессорами CM1 и CM2

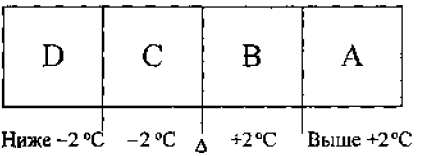
Модель	Частота, Гц	CM1 (инверторный)	CM2 (вспомогательный)
FDCJ224HKXE2D	<70	25-90	ВЫКЛ
FDCP224HKXE2D	≥70	40-100	ВКЛ
FDCJ280HKXE2D	<80	25-95	ВЫКЛ
FDCP280HKXE2D	≥80	40-100	ВКЛ

В случае если суммарная запрашиваемая внутренними блоками частота превысит возможности наружного блока, то общая производительность распределяется между внутренними блоками пропорционально запрашиваемым частотам.

IBIK

3. Режим осушения

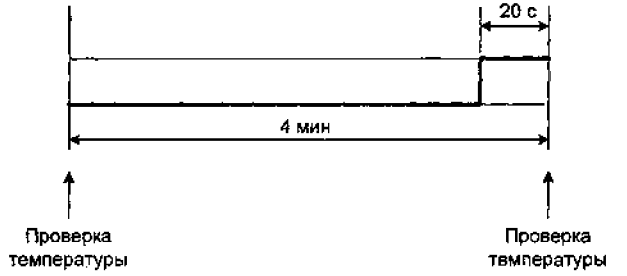
Алгоритм работы в режиме осушения определяется в соответствии с температурой воздуха в помещении, которая измеряется каждые 4 минуты. Компрессор CM1 будет вращаться с частотой, зависящей от значения разности между установленной и комнатной температурами (блок A, B, C или D). Частота равна сумме частот, запрашиваемых внутренними блоками. Естественно, что при суммарном значении частот, превыщающем максимально возможное, компрессор будет работать на максимальной частоте.



Установленная комнатная температура

Диапазон		A	B	C	D
Частота (внутренний блок), Гц	модель 22	10	10	10	0
	модель 28	15	10	10	0
	модель 36	2	15	10	0
	модель 45	20	15	10	0
	модель 56	25	15	15	0
	модель 71	30	20	15	0
	модель 90	40	25	15	0
	модель 112	50	40	35	0
	модель 40	60	45	35	0
Компрессор		Общее значение частот внутренних блоков			
Скорость вентилятора внутреннего блока		Средняя скорость (Me)	Низкая скорость (Lo)	Низкая скорость (Lo)	Низкая скорость (Lo) - Выкл
Вентилятор наружного блока		работает	работает	работает	выключен

Если определен диапазон D, вентилятор внутреннего блока будет работать в соответствии с диаграммой:



4. Режим нагрева

В режиме нагрева частота компрессора CM1 увеличивается на 5 Гц каждые 3 мин, пока не достигнет 30 Гц. Распределение производительности между компрессорами CM1 и CM2 в режиме нагрева производится аналогично распределению в режиме охлаждения.

IBIK

Если на печатной плате пульта управления установлена перемычка J3, то при выключении внутреннего блока терморегулятором вентилятор будет работать со скоростью Lo до тех пор, пока температура в помещении (температура возвратного потока) не станет на 1 К выше установленной температуры. Вентилятор остановится на 5 мин и затем снова перейдет в режим Lo. Каждые 2 мин производится измерение температуры возвратного потока воздуха, и если она превышает установленное значение на 1 К и более, вентилятор выключается, если не превышает – работает в режиме Lo.

При выключенном терморегуляторе внутреннего блока действительная температура отображается на пульте управления только во время работы вентилятора. В остальное время высвечивается значение температуры, измеренное в последний раз до его отключения.

Если при работе в режиме нагрева с выключенным терморегулятором кондиционер переходит в режим оттаивания или терморегулятор выключается во время оттаивания, вентилятор внутреннего блока останавливается. Если перемычку J3 удалить, то при выключении подачи хладагента терморегулятором внутреннего блока вентилятор остановится.

Режим "Hot start" (горячий старт)

Этот режим позволяет избежать поступления в помещение холодного воздуха при работе кондиционера в режиме нагрева. Вентилятор внутреннего блока включается только после достижения необходимой температуры теплообменника (в соответствии с показаниями датчика Th1-R).



Температура внутреннего теплообменника, °С

При включении режима "Hot start" (компрессор работает, вентилятор внутреннего блока выключен) на дисплее пульта отображается процесс подготовки к переходу на режим нагрева.

Если вентилятор был отключен в течение 7 мин (например, на протяжении 7 мин после оттаивания), он включится независимо от температуры теплообменника.

5. Режим оттаивания наружного блока

Оттаивания начинается при выполнении одного из следующих условий:

1. По истечении 40 мин со времени предыдущего оттаивания или после 33 мин работы в режиме нагрева.
2. Через 8 мин после включения компрессора.
3. Через 8 мин после остановки вентилятора наружного блока.

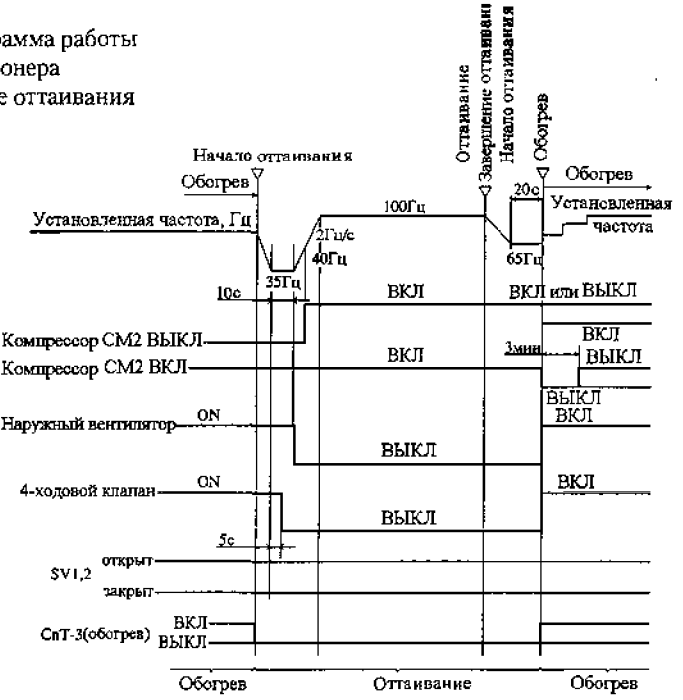
IBIK

4. Если температура наружного теплообменника опускается ниже температуры оттаивания и удерживается на этом уровне в течение 3 мин.

Оттаивание прекращается при выполнении одного из следующих условий:

1. Температура наружного теплообменника поднимается выше 14 °С (для R407C: 20 °С)
2. Через 12 мин после начала.

Рис. 7.1.26. Циклограмма работы кондиционера в режиме оттаивания



6. Тестовый режим

Включение тестового режима осуществляется при проверке параметров системы. Для этого переключатели SW3–5 и SW3–6, расположенные на печатной плате наружного блока, необходимо установить в положение в соответствии с таблицей.

Переключатель		Назначение
SW3-5	ON	Управление всеми подсоединенными внутренними блоками. Установка максимальной частоты компрессора по запросу от внутренних блоков
	OFF	Работа в обычном режиме
SW3-6	ON	SW3-5 ON: Работа в режиме охлаждения
	OFF	SW3-5 OFF: Работа в режиме нагрева

Максимальная частота компрессора определяется суммой максимальных значений частот (Гц), запрошенных подсоединенными внутренними блоками.

IBIK

В тестовом режиме кондиционер может работать во всех режимах, кроме режима Fuzzy (нечеткое управление). На дисплее пульта отображается рабочее состояние системы и слово "Center" (центральный пульт).

7. Защита компрессора

7.1. Защита компрессора в пусковом режиме

Чтобы обеспечить защиту по току в пусковом режиме, после запуска компрессор CM1 работает с частотой 65 Гц в течение 1 мин 45 с, а затем переходит на заданную частоту. В это время компрессор CM2 не работает. Если запрашиваемая частота не превышает 65 Гц, компрессор продолжает работать с той же частотой. Однако при первом запуске инвертора или запуске после 6-часовой остановки компрессора частота увеличивается постепенно (5 Гц в мин) на протяжении 12 мин, начиная с 35 Гц.

7.2. Защита компрессора при максимальной нагрузке

Если в течение 9 мин компрессор работает с частотой 95 Гц и выше, ее значение будет снижено до 90 Гц. Компрессор проработает 1 мин и, если запрашиваемая частота понизится, вернется в нормальный режим работы. После работы с частотой 90 Гц частота будет увеличиваться на 5 Гц за 10 с.

7.3. Задержка пуска компрессора (таймер на 3 минуты)

Если инверторный компрессор CM1 был остановлен по команде терморегулятора, из-за сбоя в системе и пр., его невозможно запустить в течение 3 мин после остановки. Однако таймер не сработает, если выключить и снова включить питание.

Компрессор CM2 также не будет запускаться на протяжении 3 мин. Но после выключения и включения питания, он не запустится в течение 6 мин.

7.4. Выравнивание уровня масла компрессоров

Если длительное время работает компрессор CM2 (более 3 ч в непрерывном режиме), то большая часть масла может вернуться в компрессор CM2. Чтобы обеспечить маслом компрессор CM1, выполняется следующая процедура:

Шаг 1. Компрессор CM1 работает с частотой 40 Гц в течение 3 мин, компрессор CM2 включен.

Шаг 2. Компрессор CM1 работает с частотой 90 Гц (модель 224) или 95 Гц (модель 280) в течение 3 мин, компрессор CM2 выключен.

7.5. Проверка температуры картера компрессора

Перед включением системы необходимо подать питание и выждать 6 ч для прогрева картера компрессора. Если время, прошедшее с момента включения питания, составляет менее 6 ч к моменту включения кондиционера, то он будет работать с постепенным увеличением производительности в соответствии с диаграммой (рис. 7.1.27).

IBIK

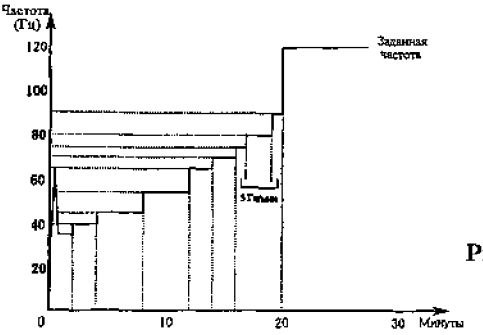


Рис. 7.1.27. Диаграмма работы компрессора при прогреве менее 6 ч

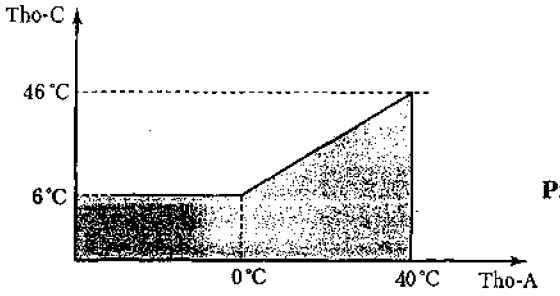


Рис. 7.1.28. Область запрета запуска компрессора

Если переключатель SW3–3 находится в положении OFF, а значения наружной температуры (датчик Tho-A) и температуры картера компрессора (датчик Tho-C) расположены в области, отмеченной на графике (рис. 7.1.28) темным, компрессор не запустится.

Компрессор запускается, если выполняется одно из следующих условий:

- после включения питания прошло 6 часов;
- переключатель SW3–3 переведен в положение ON;
- значения наружной температуры и температуры картера компрессора находятся вне затемненной области графика (рис. 7.21).

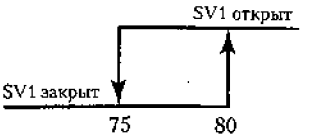
7.6. Прогрев картера компрессора

При отключении, а затем повторном включении кондиционера на дисплее наружного блока (независимо от того, что было выбрано ранее с помощью переключателя SW4) высвечивается число "360", которое сокращается на "3" каждые 3 мин. Это число соответствует минутам, оставшимся до разрешения на запуск компрессора.

7.7. Охлаждение картера компрессора

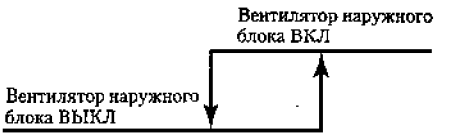
Если температура картера компрессора превысит 80 °C, откроется соленоидный клапан SV1 (рис. 7.1.3 и 7.1.4), и через капиллярную трубку на вход компрессора поступит газообразный хладагент, который снизит температуру компрессора. Кроме того, начнется снижение производительности компрессора до тех пор, пока температура картера компрессора не снизится до 70 °C.

IBIK



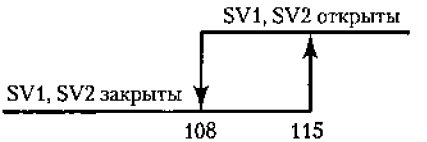
7.8. Защита от превышения величины давления нагнетания

Если давление нагнетания превышает допустимую величину, включается вентилятор наружного блока и уменьшается производительность компрессора.

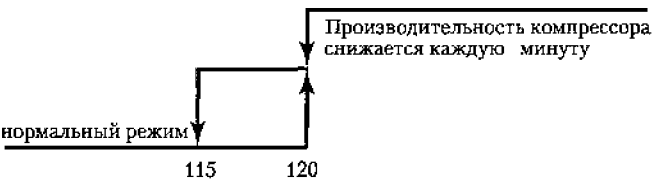


7.9. Контроль температуры нагнетательного патрубка

Если температура нагнетательного патрубка (перегретый пар на выходе компрессора) превышает допустимое значение (датчики Tho-D1, D2), срабатывают соленоидные клапаны SV1 и SV2, а также терморегулирующие вентили внутренних блоков. Если давление продолжает возрастать, компрессор выключается.



Температура поддерживается также посредством изменения производительности компрессора в соответствии с диаграммой:



Если температура нагнетательного патрубка (датчики Tho-D1, D2) на протяжении 2 с удерживается выше 130 °С, компрессоры CM1 и CM2 выключаются и запускаются повторно, когда температура снизится до 90 °С.

IBIK

Если повышение температуры нагнетательного патрубка будет зафиксировано дважды за 60 мин, учитывая время остановки компрессора, кондиционер выключится.

Кондиционер не запустится, если на протяжении 45 мин температура не будет удерживаться в пределах 90 °С.

7.10. Защита при превышении допустимого значения тока инвертора

Если величина тока на входе инвертора превысит допустимое значение, частота компрессора начнет снижаться по 5 Гц в минуту. При снижении тока в течение 6 мин, кондиционер начинает работать в обычном режиме. Если ток инвертора в этот период превысит допустимое значение, инвертор отключится и запустится снова через 3 мин. После автоматического перезапуска инвертор начинает работать с частотой 35 Гц, увеличивая ее на 5 Гц каждые 30 с, пока не достигнет заданной величины. Если функция отключения тока сработает четыре раза за 15 мин, произойдет аварийная остановка кондиционера.

7.11. Защита от превышения высокого давления

Датчики 63H1-1, 63H1-2 для FDCJ при давлении 2,94 МПа отключают систему и при 2,35 МПа снова включают; для FDCP — при 3,24 МПа отключают систему, при 2,65 МПа — включают. Если датчики защиты от превышения высокого давления отключают систему дважды за 40 мин, компрессор выключается.

Однако в том случае, если датчик срабатывает сразу же после включения, компрессор отключается на 3 мин, а затем снова запускается.

7.12. Защита вспомогательного компрессора CM2 по току

Если на одной из фаз вторичной обмотки пускателя компрессора (52C2) на протяжении 0,5 с будет фиксироваться ток, превышающий допустимое значение, компрессор остановится и запустится автоматически через 3 мин. Если в последующие 40 мин ошибка повторится, произойдет аварийная остановка кондиционера.

7.13. Контроль уровня масла в компрессоре

Если на протяжении 9 мин компрессор CM1 работает с частотой менее 30 Гц или с частотой 35 Гц на протяжении 30 мин и более, компрессор CM2 принудительно останавливается на 3 мин.

7.14. Защита двигателя компрессора CM1

Если на протяжении 0,5 с значение тока двигателя компрессора превышает допустимое значение, компрессор останавливается. Через 3 мин замеряется ток, и если его значение составляет менее 2 А, компрессор снова запустится.

Если на протяжении 60 мин превышение тока будет зафиксировано 5 раз или в течение 10 мин ток будет составлять менее 2 А, произойдет аварийная остановка кондиционера.

IBIK

7.15. Защита при обрыве одной из фаз питающего напряжения

Если при работающем компрессоре CM1 (частота 20 Гц) в течение 10 с на фазе L3 значение тока составляет 0,5 А и менее, фиксируется повреждение фазы и оба компрессора останавливаются.

Если подобное значение тока определяется 5 раз за 60 мин, происходит аварийная остановка кондиционера. Если ошибка фиксируется в первые 10 минут работы компрессора CM1, аварийное отключение происходит сразу же.

7.16. Защита от противофазного подключения и обрыва фазы L2 на первичной обмотке пускателя (52C1)

Функция позволяет контролировать порядок подключения фаз на первичной обмотке пускателя 52C1 (при включенном питании), рассматривая комбинацию L1–L3–L2–L3 как противофазное подключение. В это же время происходит проверка фазы L2 первичной обмотки. Если противофазное подключение определяется на протяжении 2 с, компрессор останавливается.

8. Защита силовых транзисторов от перегрева

Если температура силового транзистора достигает 118 °С, компрессор останавливается и перезапускается автоматически через 3 мин или сразу же в случае понижения температуры. Если в течение последующих двух часов защитная функция сработает повторно или повышенная температура будет фиксироваться на протяжении одного часа, произойдет аварийная остановка кондиционера.

9. Определение количества подключенных внутренних блоков

Если центральным процессором наружного блока при запросе внутренних блоков будет обнаружено, что количество внутренних блоков больше 8 для FDC140, больше 13 для FDC224 и больше 16 для FDC280, кондиционер остановится.

10. Защита терморегулирующего вентиля от накопления масла

Если компрессор начинает работать сразу после включения питания или общее время его работы составляет 10 ч, включается режим защиты терморегулирующих вентилей. При этом выключается термостат и вентиляторы, по очереди полностью открываются терморегулирующие вентили (с интервалом в 4 мин). Такой цикл позволяет очистить терморегулирующие вентили от накопившегося в них масла.

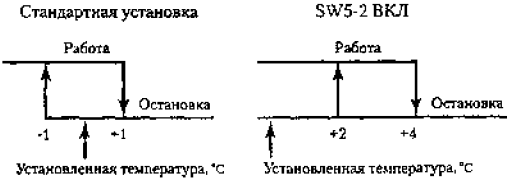
Если кондиционер работает в режиме охлаждения или осушки, регулирующие вентили удерживаются открытыми в течение 1 мин, если в режиме нагрева — в течение 4 мин.

11. Регулировка комнатной температуры при работе в режиме нагрева

Комнатная температура регулируется исходя из значений температуры, установленной на пульте, и температуры возвратного потока воздуха. Однако при использовании потолочных моделей теплые слои

IBIK

воздуха поднимаются вверх, и температура основного объема помещения может быть ниже заданной. Чтобы этого избежать, рекомендуется установить переключатель SW5-2, расположенный на печатной плате внутреннего блока, в положение ON. После этого кондиционер будет поддерживать температуру на 3 °С выше установленной на пульте, что обеспечит в помещении температуру, наиболее близкую к заданной.



12. Работа кондиционера в режиме охлаждения при низкой наружной температуре (ниже минус 5 °С)

При наружной температуре ниже –5 °С вентилятор наружного блока поддерживает температуру конденсации в пределах 22–27 °С (включается при температуре наружного теплообменника 27°С и выключается при температуре 22 °С).

13. Антиснеговая защита

Если перемычка J6, расположенная на печатной плате наружного блока, разомкнута, то при наружной температуре менее 3 °С вентиляторы наружных блоков, которые были отключены по какой-либо причине, раз в 10 мин включаются и в течение 10 с работают на максимальной скорости.



14. Работа в принудительном режиме нагрева/охлаждения

Для работы в принудительном (тестовом) режиме необходимо установить переключатель SW3-7, расположенный на печатной плате наружного блока, в положение ON. После этого, вставляя или удаляя перемычку (прилагается в комплекте) в разъем CnG, можно выбрать работу в принудительном режиме на охлаждение или нагрев. Если во время работы в принудительном режиме с пульта управления делается попытка выбрать какой-либо другой режим работы, то на дисплее пульта отобразится сообщение о том, что выбор данного режима невозможен, и кондиционер начнет работать в режиме вентиляции.

SW3-7	CnG	Режим работы
OFF	с перемычкой/без перемычки	Обычный режим
ON	без перемычки	Охлаждение
	с перемычкой	Обогрев

Заводские уставки: переключатель SW3-7 в позиции OFF, переключатель CnG – без перемычки.

IBIK

15. Работа в режиме с низким уровнем шума

Для выбора режима необходимо в разъем CnG установить перемычку. Если выбирается режим с максимальной скоростью вентилятора (224, 280: скорость 4), то вентилятор начинает работать со скоростью на порядок ниже.

Выбор режима с низким уровнем шума невозможен в следующих случаях:

- на протяжении 30 с после включения кондиционера;
- на протяжении 30 мин после остановки кондиционера из-за сбоя (датчики 63H1, CT2);
- на протяжении 2 мин после включения CM2.

Максимальная частота компрессора при работе в тихом режиме (исключая оттайку) составляет:

FDC 224: 100 Гц (CM1 – 80 Гц, CM2 – ВКЛ)
FDC 280: 115 Гц (CM1 – 80 Гц, CM2 – ВКЛ)
FDC 140: (CM – 90 Гц)

16. Аварийное переключение

Если переключатель SW3-2 установить в положение ON, то компрессор CM1 (инверторный) начнет работать только при отказе компрессора CM2 (без инвертора).

Максимальная частота составляет 90 Гц для модели 224 и 95 Гц для модели 280. Производительность распределяется пропорционально между всеми внутренними блоками.

Такие сбои, как перегрузка по току, обрыв фазы, высокая температура нагнетания (датчик Tho-D2), при работе компрессора CM2 не фиксируются.

17. Проверка соединений между внутренним и наружным блоками

Если переключатели SW3-4, SW3-5, SW3-6 установить в положение ON, то кондиционер запустится в тестовом режиме, что позволит проверить соединения между внутренним и наружным блоками.

18. Проверка работоспособности в тестовом режиме

Переключатель SW3-3 в положении ON:

а) запустится компрессор CM1 наружного блока, и включатся внутренние блоки. Произведется проверка всей системы в режиме охлаждения, затем через 6 мин включится компрессор CM2, а компрессор CM1 будет работать 16 мин. (Регулирующие вентили внутренних блоков открыты полностью, вентиляторы внутренних блоков выключены, на пультах управления отображается слово "Center");

б) температура теплообменников внутренних блоков проверяется каждые 3 мин, начиная с момента запуска компрессора CM2 (с 6-миннутной задержкой). Проверка температуры теплообменника наружного блока будет производиться с интервалом 20 с только в том случае, если температура теплообменников внутренних блоков понизится на 7 °C по сравнению с температурой, которая была до запуска;

IBIK

в) если температура хотя бы одного из теплообменников через 5 мин после проверки не снизится на 7 °С или более, на пульте и индикаторе наружного блока высветится информация об ошибке. Если все в норме, на индикаторе наружного блока отобразится "—" и кондиционер выключится. Сбросить индикацию можно, установив переключатель SW3–4 в положение OFF.

Переключатель SW3-3 в положении OFF:

а) включение системы произойдет через 3 мин. (терморегулирующие вентили внутренних блоков открыты полностью, вентиляторы внутренних блоков выключены, на пультах управления отображается слово "Center") и проработает 10 мин;

б) и в) — см. выше.

Компрессор был остановлен более 6 часов:

а) проверка в режиме охлаждения продолжается до тех пор, пока компрессор CM1 не проработает 8 мин, затем оба блока отключаются. (Регулирующие вентили внутренних блоков открыты полностью, вентиляторы внутренних блоков выключены, на пультах управления отображается слово "Center");

б) и в) — см. выше.

19. Индикатор "FILTER"

Когда общее время наработки кондиционера (время, в течение которого кондиционер включен) достигает 600 ч, на пульте управления начинает мигать индикатор "FILTER". Индикацию можно сбросить, нажав на пульте кнопку "Filter reset" или выключив и снова включив питание.

Эта функция не сработает, если на печатной плате не установлена перемычка J4.

20. Автоматический режим работы направляющих жалюзи "Auto Swing" (кроме моделей FDR, FDQM, FDUM, FDFL, FDFU)

Автоматический режим работы жалюзи устанавливается нажатием кнопки "Auto Swing" на пульте управления и выключается ее повторным нажатием. На дисплее пульта отображается угол расположения жалюзи. Жалюзи совершают колебания 3–4 раза в минуту, а изображение на дисплее меняется каждую секунду.

При нажатии кнопки "Auto Swing" изображение на дисплее фиксируется, а жалюзи продолжают двигаться, пока не достигнут положения, отображаемого на пульте. Предусмотрено 4 позиции остановки жалюзи. Однако если на печатной плате внутреннего блока отсутствует перемычка J2, то жалюзи остановятся сразу после нажатия кнопки "Auto Swing", а на пульте отобразится их действительное положение.

При включении питания жалюзи совершают два колебания (без команды с пульта). Это является сигналом для микрокомпьютера, который в соответствии с положением жалюзи определяет режим работы их двигателя (LM).

При работе в режиме нагрева, независимо от того, был ли выбран режим автоматической работы "Auto Swing", жалюзи удерживаются в горизонтальном положении, что позволяет избежать поступления

IBIK

холодного воздуха. На дисплее отображается изначальное положение жалюзи.

21. Работа двигателя дренажного насоса (только для моделей FDT, FDTW, FDTQ, FDTS, FDR, FDQM, FDUM)

При работе в режимах охлаждения или осушки двигатель дренажного насоса запускается только после включения компрессора. После выключения кондиционера, термостата, переключения режимов работы с охлаждения или осушки на нагрев или вентиляцию насос продолжает работать еще в течение 2 мин.

Двигатель дренажного насоса можно запустить принудительно, установив переключатель SW5-3, расположенный на печатной плате, в положение ON. Чтобы выключить — в положение OFF.

Во всех рабочих режимах уровень конденсата контролируется с помощью поплавкового реле. При превышении допустимого уровня конденсата или при разрыве электрической цепи кондиционер выключается. Если фиксируется превышение допустимого уровня конденсата, дренажный насос включается на 3 мин, а затем снова производится проверка уровня конденсата.

Алгоритмы работы двигателя дренажного насоса

Компрессор	Режим работы внутреннего блока				
	ВЫКЛ	Охлаждение	Осушка	Обдув	Нагрев
ВКЛ		Алгоритм А			
ВЫКЛ		Алгоритм В			

Алгоритм А

Если фиксируется превышение допустимого уровня конденсата, работа кондиционера прекращается (высвечивается ошибка E9), и включается дренажный насос.

Через 3 мин производится повторная проверка уровня жидкости, и если он все еще выше нормы, насос продолжает работать. Если ошибка (повреждение) устранена, то двигатель насоса выключается. Код ошибки высвечивается до сброса.

Алгоритм В

Если фиксируется превышение допустимого уровня конденсата, закрывается терморегулирующий вентиль, и на 3 мин включается дренажный насос, после чего снова проверяется уровень жидкости. Если уровень не понизился, высвечивается ошибка E9 и снова включается дренажный насос, который работает до полного устранения неисправности. После этого регулирующий вентиль закрывается.

22. Электропроводка

Кабель питания и сигнальные провода разводятся обычным образом. Сигнальные провода и провода связи пульта управления должны проходить отдельно от питающего кабеля и проводки других электрических приборов. Сигнальные провода должны быть экранированы. Общая длина сигнальных проводов не должна превышать 1000 м.

Общая длина проводов X, Y и Z пульта управления не должна превышать 600 м.

IBIK

23. Назначение переключателей

23.1. Назначение переключателей, установленных на печатных платах внутренних блоков КХ (выпуск до 1998 г)

Переключатель	Функция	
	ON	OFF
SW3-1	–	–
SW3-2	Оттаивание, норма	Оттаивание, расширенная зона
SW3-3	Антиснеговая защита включена	Антиснеговая защита выключена
SW4-1	Принудительная работа	Норма
SW4-2	Охлаждение	Нагрев
SW4-3	Управление с наружного блока	Управление с пульта
SW4-4	Тестовый режим	Норма
SW5-1	Вкл/выкл внутренних блоков включена	Вкл/выкл внутренних блоков выключена
SW5-2	Точность установки температуры +2…+4 °С	Точность установки температуры ±1°С
SW5-3	1) Индикатор запыленности фильтра включен; 2) Проверка дренажного насоса включена	1) Индикатор запыленности фильтра выключен; 2) Проверка дренажного насоса выключена
SW6	Производительность	

23.2. Назначение переключателей, установленных на печатных платах внутренних блоков КХ (выпуск после 1998 г)

Переключатель	Функция		
	ON		OFF
SW3-1	Рестарт ВКЛ		Рестарт ВЫКЛ
SW3-2	Кондиционер останавливается при $U_п = 0{,}8U_t$ и включается при $U_п = 0{,}85U_t$		Кондиционер не отключается
SW3-3	Проводной пульт		ИК-пульт
SW3-4	При остановке от термостата вентилятор переходит в режим Lo		При остановке от термостата вентилятор выключается
SW3-5	Тестовый режим	Охлаждение	Нагрев
SW3-6		Управление с наружного блока	Управление с пульта
SW3-7		Тестовый режим	Норма

23.3. Назначение переключателей, установленных на печатных платах наружных блоков

Переключатель	Функция		
	ON		OFF
SW3-2	Работа только инверторного компрессора		Норма
SW3-3	6-часовая защита (прогрев) включена		6-часовая защита (прогрев) выключена
SW3-4	Тестовый режим		Норма
SW3-5	Управление с наружного блока		Управление с пульта
SW3-6	Охлаждение		Нагрев
SW3-7	Форсаж	С CnG - холод Без CnG - тепло	Норма

24. Диагностика состояния компрессорно-конденсаторных блоков FDC140 (224, 280) по цифровому индикатору

В компрессорно-конденсаторных блоках FDC140 (224, 280) установлен 7-сегментный индикатор, на котором отображаются отдельные параметры и состояние элементов.

Индикация может осуществляться в автоматическом (бегущем) или в ручном режиме. Для перехода в автоматический режим индикации необходимо переключатель SW-4 установить в положение F. В этом режиме на индикаторе отображается в течение 1 с условный код параметра (0–10, A, B, C, D, E), а затем 3 с значение параметра.

0	Рабочая частота или номер ошибки	
1	Температура наружного теплообменника	
2	Температура наружного воздуха	
3	Температура поддона картера	
4	Температура нагнетания C1	
5	Температура нагнетания C2	
6	Ток CM1	
7	Ток CM2	
8	Положение SV1: 0 – выкл, 1 – вкл.	Охлаждение картера компрессора
9	Положение SV2: 0 – выкл, 1 – вкл.	
A	Датчик 63H1 (защита): 0 – контакт замкнут, 1 – контакт разомкнут	
B	Датчик 63H2 (вентилятор): 0 – контакт замкнут, 1 – контакт разомкнут	
C	Датчик 63L: 0 – выкл, 1 – вкл.	
D	Количество внутренних блоков	
E	Частота компрессора, Гц	
F	Переход на бегущую индикацию	

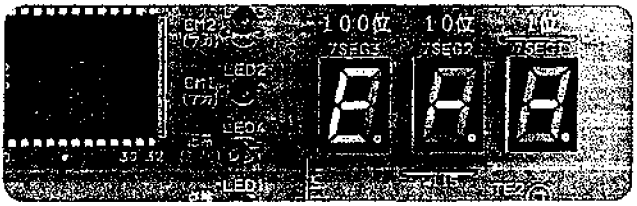


Рис. 7.1.29. Семисегментный индикатор значения (состояния) параметра блоков FDC140 (224, 280)

Если переключатель SW-4 поставить в одно из положений (0–10, A, B, C, D, E), то постоянно будет индицироваться значение параметра, соответствующее коду.

25. Отображение кода неисправности системой самодиагностики

Самодиагностика технического состояния кондиционера производится непрерывно. При отказе кондиционер выключается, вид отказа отображается индикаторами на проводном пульте управления.

IBIK

Таблица 7.1.16. Коды ошибок, отображаемые на дисплее пульта управления

Код ошибки	Индикатор внутреннего блока		Индикатор наружного блока		Причина
	зеленый	красный	зеленый	красный	
Без индикации	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Выключен	Норма
	Выключен	Выключен	Выключен	Выключен	Нет питания, обрыв фазы, отключен источник питания
	Мигает постоянно	Мигает 3 раза	Мигает постоянно	Выключен	Неверно подсоединены провода *X* и *Y* на пульте управления. Если провод оборван при включенном питании, индикатор — выключен. Обрыв проводов пульта управления. (При повреждении провода *X* раздается звуковой сигнал, но индикация не отображается. При повреждении провода *Y* отсутствует как звуковой сигнал, так и индикация)
E1	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Выключен	На контактной колодке провода пульта управления подсоединены к выводам *A* и *B*. Сигнальные шины наружного и внутреннего блоков соединены в форме петли. Неисправность микрокомпьютера внутреннего блока
	Выключен или светится постоянно	Выключен или светится постоянно	Мигает постоянно	Выключен	Неисправность печатной платы внутреннего блока
	Мигает постоянно	Мигает 3 раза	Мигает постоянно	Выключен	Обрыв провода *Y*. Неверно подсоединены провода *X* и *Y* на пульте управления (индикатор мигает дважды в секунду). Используются два пульта управления. Если провод оборван при включении питания, индикатор выключен
E2	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Неверно выбран номер адресации на внутреннем блоке. Подсоединено более 49 внутренних блоков
E3	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен	Выключен	Отключено питание наружного блока (определяется только в процессе работы)
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Мигает постоянно	Выключен	Соответствующий номер адресации наружного блока не найден (определяется только в процессе работы)
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен	Выключен	Отключено питание наружного блока (определяется только в процессе работы)
E4	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Неверно указан номер наружного блока
E5	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Мигает постоянно	Выключен	Ошибка передачи сигналов между наружным и внутренним блоками. Провода *A* и *B* были подключены после подачи питания
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен	Выключен	Сбой в питании наружного блока (в случае, если источники питания наружного и внутреннего блоков различны)
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен или мигает	Выключен или светится постоянно	Неисправность микрокомпьютера наружного блока
E6	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Неисправность датчика температуры теплообменника внутреннего блока
E7	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Неисправность датчика выходного потока (внутренний блок)
E8	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Высокая температура внутреннего теплообменника. Неисправность датчика температуры внутреннего теплообменника. Неисправность печатной платы внутреннего блока
E9	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Сработал поплавковый выключатель (если имеется). Неисправна проводка дренажной системы
E10	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Выключен	Если с помощью пульта управления осуществляется управление несколькими блоками, то количество блоков превышает максимально допустимое (свыше 17 блоков). Для управления необходимо использовать два пульта

IBIK

Продолжение **табл 7.1.16.**

Код ошибки	Индикатор внутреннего блока		Индикатор наружного блока		Причина
	зеленый	красный	зеленый	красный	
E11	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Выключен	Адресация задана для нескольких пультов управления
E12	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	Неверно задана адресация. Использованы следующие комбинации: Наружный блок № 0-47, 48, 49; внутренний блок № 48, 49, 0-47
E28	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Неисправность датчика температуры на пульте управления
E30	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Ошибка соединения наружного/внутреннего блоков
E31	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Неверно задана адресация для наружного блока
E32	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Обрыв фазы L3 на первичной обмотке контактора 52C1
E33	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Резкое повышение тока компрессора (CM2). Заклинивание двигателя компрессора (CM1). Обрыв фазы L2 или L1 компрессора
E34	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Обрыв фазы L3 на первичной обмотке контактора 52C2
E35	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Высокая температура наружного теплообменника. Неисправность датчика температуры наружного теплообменника
E36	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Температура нагнетания превышает норму
E37	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Неисправность датчика температуры наружного теплообменника
E38	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Неисправность датчика наружной температуры.
E39	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Неисправность датчика температуры нагнетания
E40	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Сработал датчик давления 63H1
E41	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Перегрев силового транзистора
E42	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Повышение тока компрессора (CM1)
E43	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Превышено допустимое количество подсоединенных блоков
E45	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Ошибка передачи между инвертором и печатной платой наружного блока
E46	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Для системы одновременно осуществляются как автоматическая, так и ручная установка адресации
E57	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	Низкое давление (сработал датчик 63L)
E61	Мигает постоянно	Выключен	Мигает 1 раз		Ошибка передачи между главным и подчиненными блоками
E62	Мигает постоянно	Выключен	Мигает 1 раз	Мигает 5 раз	Неверно задана адресация подчиненного блока

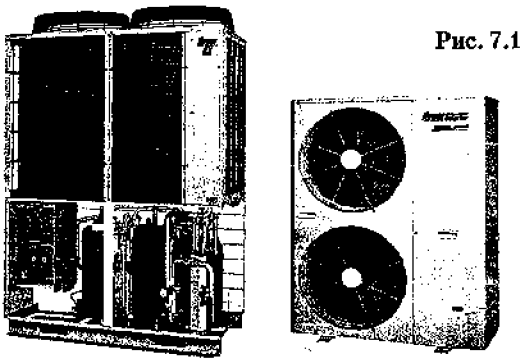
7.1.8. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МОДЕЛИ МНОГОЗОНАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Концерн MHI приступил к изготовлению новой серии многозональных кондиционеров KX4 на хладагенте R410A, технические характеристики которых приведены в табл. 7.1.17.

Таблица 7.1.17. Технические характеристики кондиционеров KX4

Наружный блок KX4			FDCA 140 HKXE4	FDCA 224 HKXE4	FDCA 280 HKXE4
Напряжение питания			1 ф, 220 В, 50 Гц 3 ф, 380 В, 50 Гц	3 ф, 380 В, 50 Гц	3 ф, 380 В, 50 Гц
Холодопроизводительность		кВт	14	22,4	28
Теплопроизводительность		кВт	16	25	31,5
Хладагент			R410		
Количество подсоединяемых внутренних блоков			2–8	2–13	2–16
Производительность подсоединяемых блоков		%	80–130		
Диапазон изменения производительности		%	20–100		
Габаритные размеры: высота × ширина × глубина		мм	1300 × 970 × 370	1690 × 1350 × 720	1690 × 1350 × 721
Масса		кг	120	245	245
Уровень звукового давления		дБ (А)	53	57	57
Диаметр фреоновой магистрали	Жидк.	мм	9,52	9,52	9,52
	Газовая	мм	15,88	19,05	22,22
Длина фреоновой магистрали		м	100	150	150

Внешний вид компрессорно-конденсаторных блоков KX4 показан на рис. 7.1.30



а *б*

Рис. 7.1.30. Компрессорно-конденсаторные блоки многозональных кондиционеров KX4:
а - FDCA224(280)HKXE4;
б - FDCA140HKXE4

Преимущества кондиционеров KX4:

- повышенный холодильный коэффициент;
- длина фреоновой магистрали от наружного до наиболее удаленного внутреннего блока может достигать 150 м;
- диапазон производительности внутренних блоков расширен от 2,2 кВт до 28 кВт (табл. 7.1.18).

IBIK

Таблица 7.1.18. Технические характеристики внутренних блоков кондиционеров КХ4

Холодопроизводительность	кВт	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0	22,4	28,0
Теплопроизводительность	кВт	2,5	3,2	3,0	6,3	8,0	8,0	10,0	12,5	16,0	25,0	31,5
Тип / Модель		22 НКХ	28 КХ	36 НКХ	45 НКХ	56 НКХ	71 НКХ	90 НКХ	112 НКХ	140 НКХ	224 НКХ	280 НКХ
FDTA		+	+	+	+	+	+	+	+	+		
FDTWA			+		+	+	+	+	+	+		
FDTSA		+	+	+	+		+					
FDTQA		+	+	+								
FDTQMA		+	+	+								
FDRA		+	+		+	+	+	+	+	+		
FDUMA				+	+	+	+	+	+	+		
FDUA											+	+
FDEA				+	+	+	+		+	+		
FDKA		+	+	+	+	+	+					
FDFLA			+		+		+					
FDFUA			+		+	+	+					

Хладагент R410A, используемый в кондиционерах КХ4, имеет удельную холодопроизводительность в 1,5 раза больше, чем хладагент R22 (табл. 7.1.19). Температурный глайд хладагента R410A составляет всего 0,2 К.

Недостатком хладагента R410A являются высокие давления испарения (9 бар при +5°С) и конденсации (24,3 бара при 40°С).

Таблица 7.1.19. Характеристики хладагентов R410A и R22

Параметр		HCFC	HFC	
		R22	R407C	R410A
		-	Неазеотропный	
Состав хладагента	%	R22 - 100%	R32 – 23% R125 – 25% R134 – 52%	R32 – 50% R125 – 50%
Давление испарения при 0°С	бар	4,98	4,60	8,04
Давление конденсации при 40°С	бар	15,27	17,40	24,36
Температурный глайд	К	0	7,3	<0,2
Удельная холодопроизводительность	кДж/м^3	3433	3096	5072
ODP	-	0,05	0	0
GWP	-	1900	1980	2340

В перспективе предполагается расширение ряда кондиционеров КХ4 моделями с холодопроизводительностью 33,6; 39,2 и 44,8 кВт.

Холодильный коэффициент кондиционеров КХ4 повышен за счет снижения потребляемой мощности. По энергопотреблению они относятся к классу А.

Класс энергопотребления кондиционеров рекомендован Европейской комиссией в соответствии со стандартом EN814 и должен отражаться в маркировке кондиционера.

В зависимости от уровня энергопотребления кондиционеры подразделяются на семь классов - от А до G. В маркировке кондиционеров рекомендуется также указывать годовое энергосбережение, холодопроизводительность и холодильный коэффициент. Маркировка уровня энергопотребления направлена на снижение объемов выброса CO_2 и сохране-

IBIK

ния климата (программа European Climate Change). Таким образом Европейская комиссия надеется повысить осведомленность потребителей об экономичности и экологической безопасности оборудования.

В кондиционерах КХ4 производительностью 14,0; 22,4 и 28,0 кВт установлен один инверторный компрессор, обеспечивающий регулировку производительности в диапазоне 20 – 100%. В моделях производительностью 33,6; 39,2 и 44,8 кВт установлено 2 компрессора: инверторный и неинверторный (рис. 7.1.31).

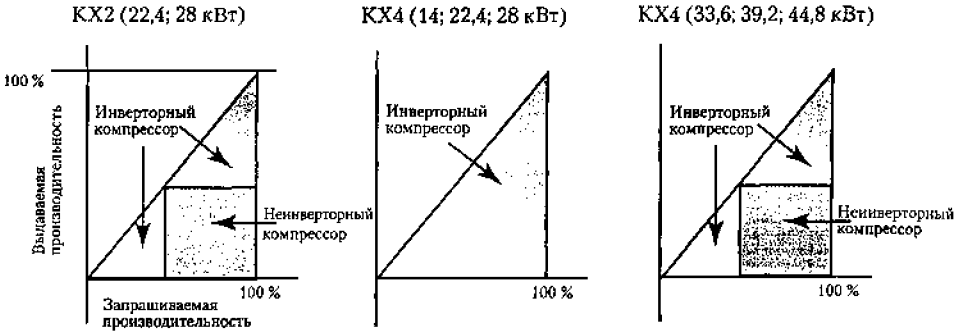


Рис. 7.1.31. Регулировка производительности кондиционеров КХ2 и КХ4

Выходы фреоновых труб перенесены на лицевую сторону, что упрощает монтаж комбинированных систем (рис. 7.1.32).

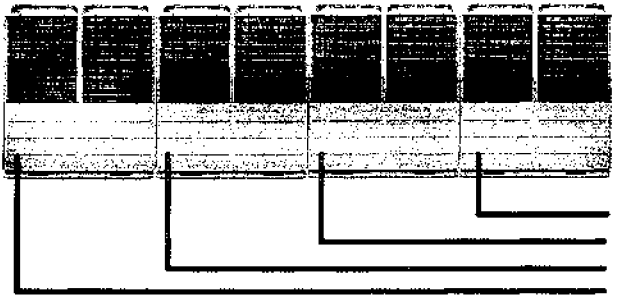


Рис. 7.1.32. Выходы фреонвых труб кондиционеров КХ4

Изменена конструкция проводного пульта (рис. 7.1.33). В пульт введен режим недельного таймера с возможностью двухразового включения и выключения внутреннего блока на протяжении одного дня (рис. 7.1.34).

IBIK

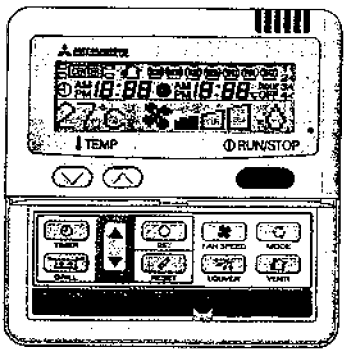


Рис. 7.1.33. Проводной пульт кондиционеров КХ4

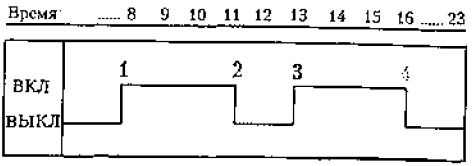


Рис. 7.1.34. Циклограмма работы таймера

По показаниям, отображаемым на пульте управления, можно определить время (часы) наработки компрессора или внутреннего блока, дату очередного сервисного обслуживания.

В кондиционерах КХ4 изменен диапазон устанавливаемых температур (в режиме нагрева 22-30°С; в режиме охлаждения 18-26°С).

Изменен дизайн внутренних блоков (рис. 7.1.35).

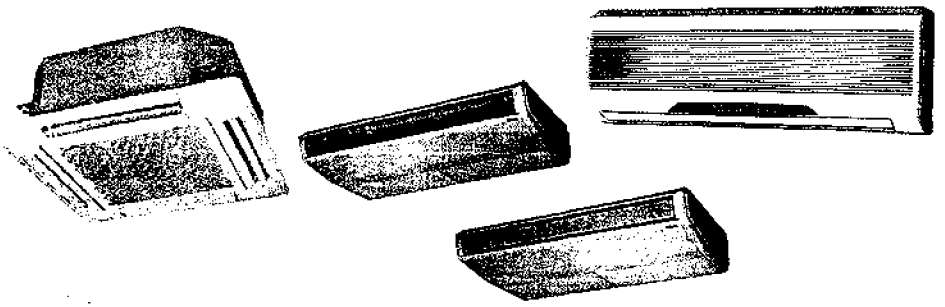


Рис. 7.1.35. Внутренние блоки систем КХ4

7.2. МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С НАРАЩИВАЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ (СИСТЕМЫ КХК)

7.2.1. КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ БЛОКИ СИСТЕМ КХК

Многозональные системы кондиционирования воздуха типа KX (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), VRV (Daikin) имеют производительность до 30 кВт и ограниченное число обслуживаемых зон (до 16). При организации системы кондиционирования воздуха в гостиницах, офисных помещениях, коттеджах возникает необходимость устанавливать 3–4 многозональные системы. В этом случае системы работают автономно, не поддерживая друг друга и не используя возможности взаимного резервирования при выходе из строя одной из систем. При частичной загрузке каждой из систем или перегрузки одной из них отсутствует возможность перераспределения производительности, выравнивания времени наработки систем и т. д.

Устранить эти недостатки можно путем увязки всех систем в единый комплекс, построив его по принципу наращивания однотипных блоков с общей системой управления.

Фирмой Mitsubishi Heavy Industries такой комплекс выпускается под названием "Инверторная многозональная серия КХК".

В состав комплекта входят:

1. Компрессорно-конденсаторные блоки с регулируемой производительностью (инверторное управление) на 22,4 кВт (8 HP) и 28,0 кВт (10 HP).
2. Компрессорно-конденсаторные блоки с постоянной производительностью 22,4 кВт и 28,0 кВт.
3. Внутренние блоки FDT, FDTW, FDTQ, FDTS, FDR, FDQM, FDUM, FDE, FDK, FDFL, FDFU аналогичные блокам серии KX (табл. 7.2.1).

Компрессорно-конденсаторные блоки имеют следующие обозначения:

FDC	**J**	**280**	**H**	**KX**	**2D**	**K**
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*

1 — Компрессорно-конденсаторный блок.
2 — Тип хладагента: J — R22; P — R407C.
3 — Производительность: 28,0 кВт.
4 — Тепловой насос.
5 — Многозональная серия KX.
6 — Вид питания.
7 — К инвертор; КТ — неинвертор.

IBIK

Таблица 7.2.1. Холодопроизводительность внутренних блоков систем КХК

Модель \ Холодопроизводительность, кВт	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1	9,0	11,2	14,0
Потолочный встраиваемый (FDT)		+	+	+	+	+	+	+	+
Потолочный встраиваемый с двусторонней подачей воздуха (FDTW)		+		+	+	+	+	+	+
Потолочный встраиваемый с односторонней подачей воздуха (FDTQ)	+	+	+						
Потолочный встраиваемый с односторонней подачей воздуха (FDTS)				+		+			
Потолочный встраиваемый канальный с воздухораспределительной сетью (FDR)	+	+		+	+	+	+	+	+
Потолочный канальный (FDQM)			+						
Потолочный канальный (FDUM)				+	+	+	+	+	+
Потолочный подвесной (FDE)			+	+	+	+		+	+
Настенный (FDK)	+	+	+	+	+	+			
Напольный (FDFL)		+		+		+			
Напольный встраиваемый бескорпусный (FDFU)		+		+	+	+			

В зависимости от требуемой производительности система может наращиваться. На рис. 7.2.1 приведены примеры комбинированных систем с максимальной производительностью 72,8; 109,0 и 145,6 кВт.

Основным компрессорно-конденсаторным (наружным) блоком всегда берется инверторный блок на 22,4 кВт (8 HP) или 28,0 кВт (10 HP), шифр FDCJ(P) 224(280) HKXE2D-K. Далее к нему подсоединяются неинверторные блоки FDCJ(P) 225 (281) HKXE2D-KT.

Общая производительность может наращиваться от 22,4 кВт до 145 кВт (табл. 7.2.2). Число внутренних блоков может быть от 2 до 40.

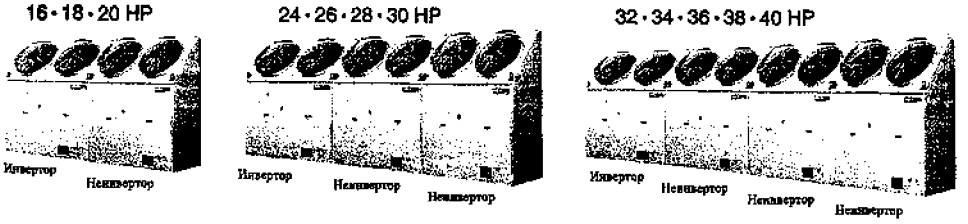


Рис. 7.2.1. Принцип наращивания мощности компрессорно-кондесаторных блоков КХК

Таблица 7.2.2. Производительность систем КХК

Общая холодопроизводительность наружных блоков		Наружные блоки					Внутренние блоки	
кВт	HP (л.с.)	Инвертор		Неинвертор		Общее кол-во наружных блоков	Общая холодопроизводительность, кВт	Количество подсоединяемых блоков
		224	280	225	281			
44,8	16	1	–	1	–	2	22,4–58,3	2–20
50,0	18	–	1	1	–	2	25,0–65,0	2–20
56,0	20	–	1	–	1	2	28,0–72,8	2–20
67,2	24	1	–	2	–	3	33,6–87,4	2–30
72,8	26	–	1	2	–	3	36,4–94,7	2–30
78,4	28	–	1	1	1	3	39,2–102,0	2–30
84,0	30	–	1	–	2	3	42,0–109,2	2–30
89,6	32	1	–	3	–	4	44,8–116,5	2–40
95,2	34	–	1	3	–	4	47,6–123,8	2–40
100,8	36	–	1	2	1	4	50,4–131,1	2–40
106,4	38	–	1	1	2	4	53,2–138,4	2–40
112,0	40	–	1	–	3	4	56,0–145,6	2–40

Таблица 7.2.3. Технические характеристики компрессорно-конденсаторных блоков систем КХК

Параметр		Модели	
		FDCJ224HKXE2D	FDCJ280HKXE2D
Питание		3 ф 380/415 В, 50 Гц	
Номинальная холодопроизводительность	кВт	22,4	28,0
Номинальная теплопроизводительность	кВт	25,0	31,5
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	58	59
Габаритные размеры высота × ширина × глубина	мм	1450 × 1350 × 600	
Масса	кг	250	275
Тип компрессора		GT-A5539AS53 ×1 GT-A5539ES53 × 1	GT-A5539EAS53 × 1 GU-A5570ES53 × 1
Потребляемая мощность	кВт	3,5 × 1; 2,2 × 1	3,5 × 1; 3,75 × 1
Нагреватель поддона картера	Вт	33 × 2	33 × 1; 40 × 1
Регулятор потока хладагента		Электронный ТРВ + капиллярная трубка	
Тип хладагента		R22	
Количество хладагента	кг	12	
Масло	л	4,6 (BARREL FREEZE 32 SAM)	5,4 (BARREL FREEZE 32 SAM)
Расход воздухв	$м^3$/мин	180	
Диаметр трубопроводов	мм	Жидкостная магистраль: 12,7 Газовая магистраль: 25,4	Жидкостная магистраль: 12,7 Газовая магистраль: 28,58

Гидравлическая схема блока FDCJ224(280) HKXE2D-K приведена на рис. 7.2.2, блока FDCJ225 (281) HKXE2D-KT – на рис. 7.2.3.

В блоке FDCJ224 (280) HKXE2D-K один компрессор – с регулируемой производительностью, другой – с постоянной. В блоке FDCJ225(281) HKXE2D-KT оба компрессора неинверторные. Принцип работы и назначение элементов схемы аналогичны МППК, описанных в разделе 7.1.

IBIK

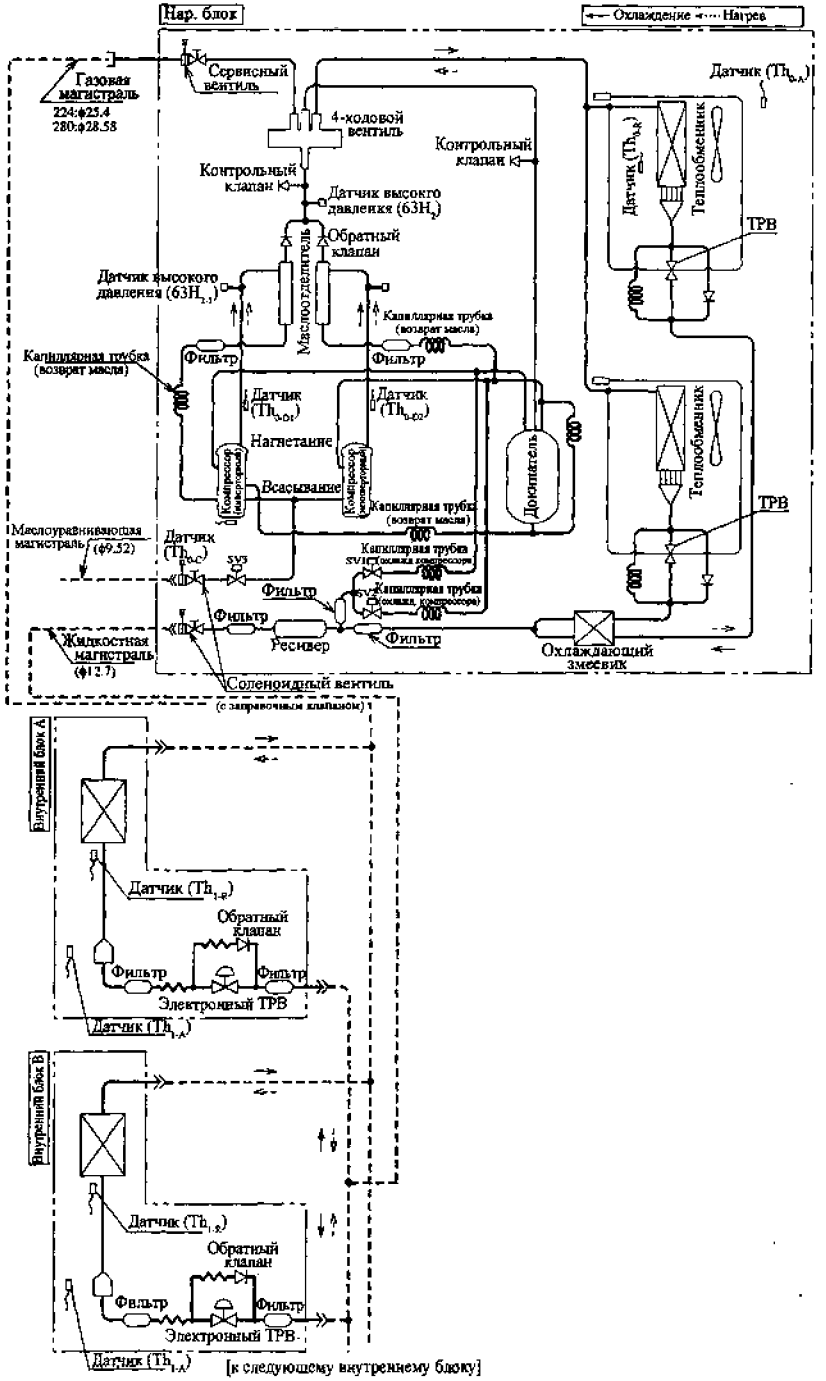


Рис. 7.2.2. Схема гидравлическая инверторного блока *FDCJ*(P) 224(280)HKXE2D-K

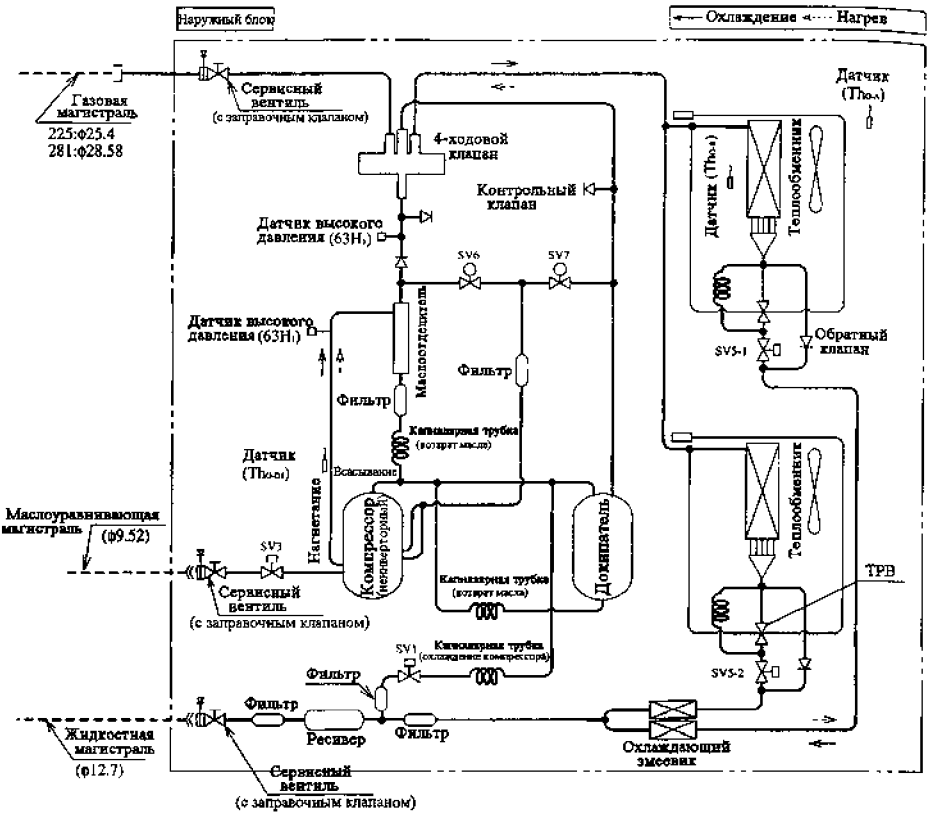


Рис. 7.2.3. Схема гидравлическая неинверторного блока FDCJ(P) 225(281)HKXE2D-KT

7.2.2. ФРЕОНОВАЯ МАГИСТРАЛЬ СИСТЕМ КХК

Особенностью построения фреоновой магистрали систем КХК является необходимость объединения фреоновых труб всех наружных блоков в единую линию и установка масляной уравнивающей линии.

Фреоновые магистрали всех наружных блоков объединяются тройниками (сумматорами). Сумматоры выбираются по таблице 7.2.4.

Таблица 7.2.4. Сумматоры систем КХК

Холодопроизводительность блоков	Тип сумматора
44,8; 50,0; 56,0	DOS-2-E
67,2–84,0	DOS-3-E
89,6–112,0	DOS-4-E

Максимальная длина фреоновой магистрали составляет 100 м, длина общей линии до первого распределителя — 70 м, допустимый пере-

IBIK

пад высот между наружным и внутренним блоками — 50 м, между внутренними — 15 м. Допустимое взаимное положение наружных и внутренних блоков показано на рис. 7.2.4.

Для выравнивания количества масла наружные блоки соединяются отдельной масляной магистралью. Для соединения масляной уравнивающей линии используют тройники (если количество наружных блоков 3 или 4) и медную трубу диаметром 9,52 мм.

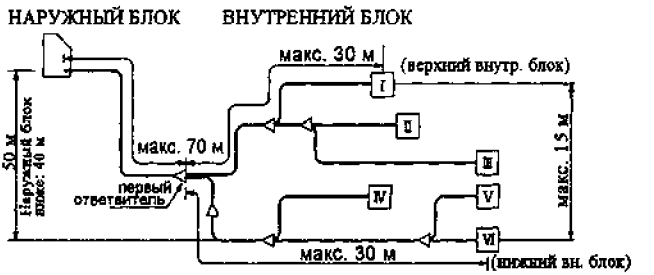


Рис. 7.2.4. Допустимое взаимное положение наружных и внутренних блоков

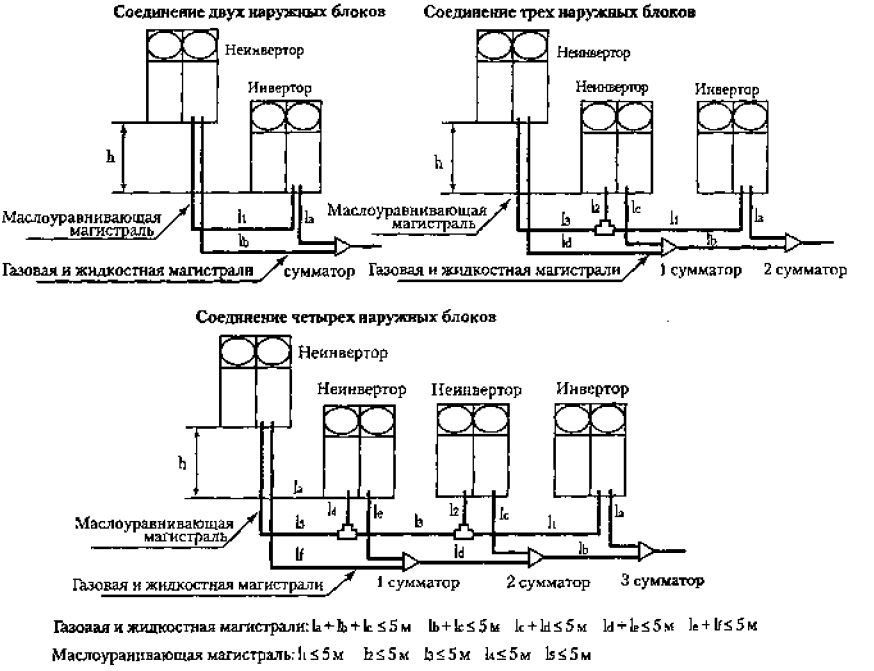
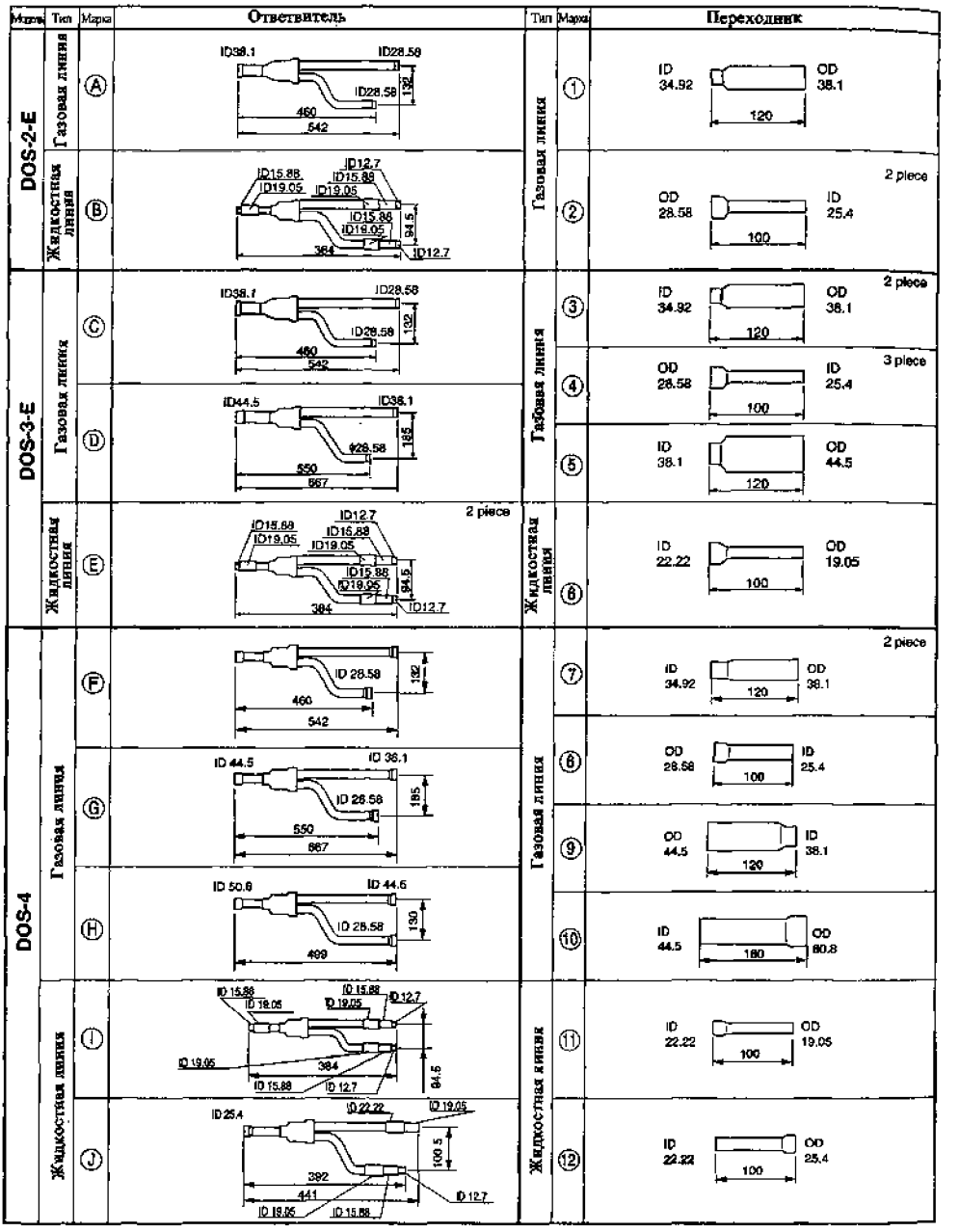


Рис. 7.2.5. Возможные схемы соединений наружных блоков

Таблица 7.2.5. Сумматоры фрсоновой магистрали системы КХК



Выбор труб, ответвителей и переходников необходимо производить по методике, изложенной в п. 7.1.5, пользуясь таблицами 7.2.5–7.2.10.

IBIK

Таблица 7.2.6. Выбор элементов фреоновой магистрали МППК с наращиваемой производительностью

Параметр / Холодопроизводительность наружных блоков		44,8 кВт		
		Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидкостной магистрали, мм	Тип ответвителя
Наружный блок / Основная магистраль		38,1	19,05	DOS-2-E
Холодопроизводительность внутренних блоков после ответвителя	ниже 10,1	15,88	9,52	DIS-2KX10-E
	10,1–18,0	19,05		DIS-2KX20-E
	18,0–37,1	25,4	12,7	DIS-2KX30-E
	37,1–54,0	31,8	15,88	DIS-1KX40-E
	54,0 и выше			

Параметр / Холодопроизводительность наружных блоков		50,0 кВт			56,0 кВт		
		Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидк. магистрали, мм	Тип ответвителя	Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидк. магистрали, мм	Тип ответвителя
Наружный блок / Основная магистраль		38,1	19,05	DOS-2-E	38,1	19,05	DOS-2-E
Холодопроизводительность внутренних блоков после ответвителя	ниже 10,0	15,88	9,52	DIS-2KX10-E	15,88	9,52	DIS-2KX10-E
	10,1–18,0	19,05		DIS-2KX20-E	19,05		DIS-2KX20-E
	18,0–37,1	25,4	25,4	DIS-2KX30-E	25,4	12,7	DIS-2KX30-E
	37,1–54,0	31,8	31,8	DIS-1KX40-E	31,8	15,88	DIS-1KX40-E
	54,0–70,0				38,1	19,05	

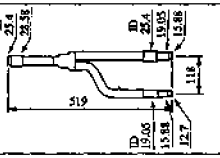
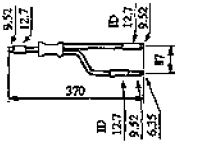
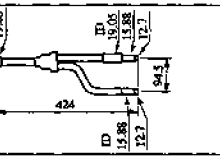
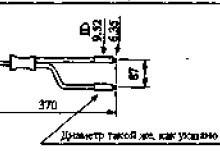
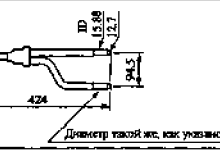
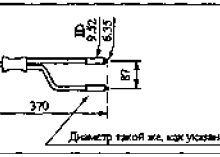
Параметр / Холодопроизводит. наружных блоков		67,2 кВт			72,8; 78,4; 84,0 кВт		
		Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидк. магистрали, мм	Тип ответвителя	Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидк. магистрали, мм	Тип ответвителя
Наружный блок / Основная магистраль		38,1	19,05	DOS-3-E	44,5	22,22	DOS-3-E
Холодопроизводительность внутренних блоков после ответвителя	ниже 10,1	15,88	9,52	DIS-2KX10-E	15,88	9,52	DIS-2KX10-E
	10,1–18,0	19,05		DIS-2KX20-E	19,05		DIS-2KX20-E
	18,0–37,1	25,4	12,7	DIS-2KX30-E	25,4	12,7	DIS-2KX30-E
	37,1–54,0	31,8	15,88	DIS-1KX40-E	31,8	15,88	DIS-1KX40-E
	54,0–70,0	38,1	19,05		38,1	19,05	DIS-1KX50-E
	70,0 и выше				44,5	22,22	

Параметр / Холодопроизводительность наружных блоков		89,6; 95,2; 100,8 кВт			106,4; 112,0 кВт		
		Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидк. магистрали, мм	Тип ответвителя	Диаметр газовой магистрали, мм	Диаметр жидк. магистрали, мм	Тип ответвителя
Наружный блок / Основная магистраль		38,1	19,05	DOS-4-E	44,5	22,22	DOS-4-E
Холодопроизводительность внутренних блоков после ответвителя	ниже 10,1	15,88	9,52	DIS-2KX10-E	15,88	9,52	DIS-2KX10-E
	10,1–18,0	19,05		DIS-2KX20-E	19,05		DIS-2KX20-E
	18,0–37,1	25,4	12,7	DIS-2KX30-E	25,4	12,7	DIS-2KX30-E
	37,1–54,0	31,8	15,88	DIS-1KX40-E	31,8	15,88	DIS-1KX40-E
	54,0–70,0	38,1	19,05		38,1	19,05	
	70,0–110,0	44,5	22,22	DIS-1KX50-E	44,5	22,22	DIS-1KX50-E
	11,0 и выше			DIS-1KX60-E	50,8	25,4	DIS-1KX60-E

Таблица 7.2.7. Диаметры труб для общих магистралей систем ККК

Параметр / Модель	Газовая магистраль		Жидкостная магистраль	
	Диаметр трубы, мм	Способ соединения	Диаметр трубы, мм	Способ соединения
FDCJ(P)448HKXE2D	38,1	Паяное соединение	19,05	Паяное соединение
FDCJ(P)500HKXE2D				
FDCJ(P)560HKXE2D				
FDCJ(P)672HKXE2D				
FDCJ(P)728HKXE2D	44,5		22,22	
FDCJ(P)784HKXE2D				
FDCJ(P)840HKXE2D				
FDCJ(P)896HKXE2D				
FDCJ(P)952HKXE2D				
FDCJ(P)1008HKXE2D				
FDCJ(P)1064HKXE2D	50,8		25,4	
FDCJ(P)1120HKXE2D				

Таблица 7.2.8. Типы и размеры ответвителей и переходников

Модель		№	Ответвитель		№	Переходник
DIS-2KX30-E	Газовая линия	①		Газовая линия	⑦	
					⑧	
	Жидкостная линия	②		Жидкостная линия	—	—
DIS-2KX20-E	Газовая линия	③		Газовая линия	—	—
	Жидкостная линия	④		Жидкостная линия	—	—
DIS-2KX10-E	Газовая линия	⑤		Газовая линия	—	—
	Жидкостная линия	⑥		Жидкостная линия	—	—

Схемы соединений наружных блоков по фреоновой и маслоуравнивающей магистралям приведены на рис. 7.2.6.

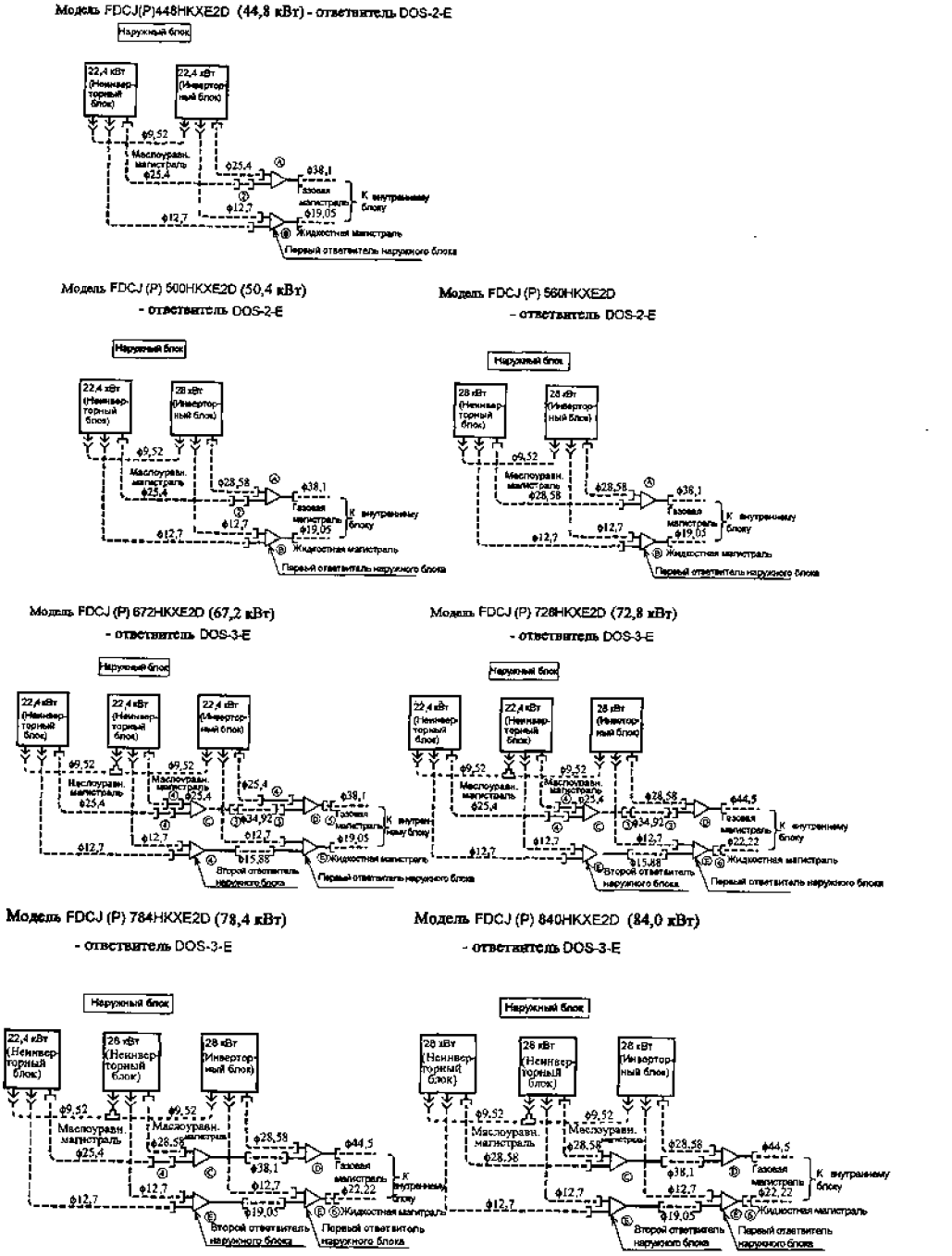
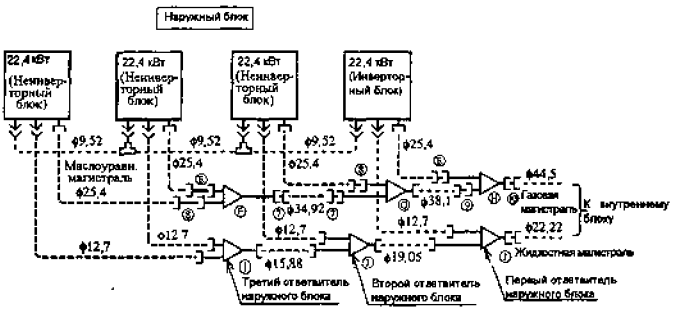


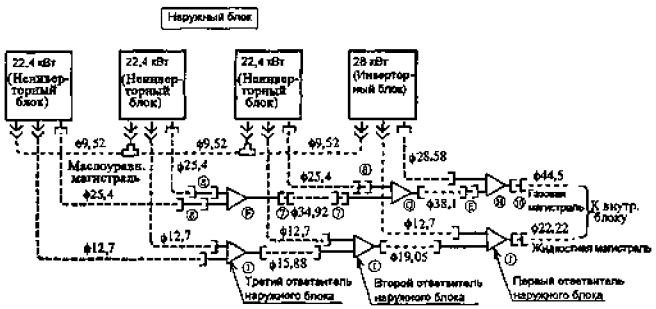
Рис. 7.2.6. Схемы соединений наружных блоков (фреоновая и маслоуравнивающая магистрали)

Продолжение **рис. 7.2.6**

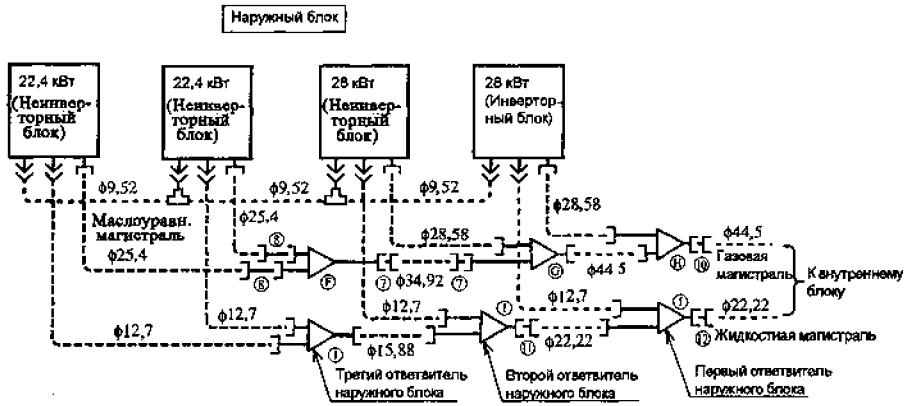
Модель FDCJ (P) 896HKXE2D (89,6 кВт)
- ответвитель DOS-4-E



Модель FDCJ (P) 952HKXE2D (95,2 кВт)
- ответвитель DOS-4-E



Модель FDCJ (P) 1008HKXE2D (100,8 кВт)
- ответвитель DOS-4-E



Продолжение **рис. 7.2.6**

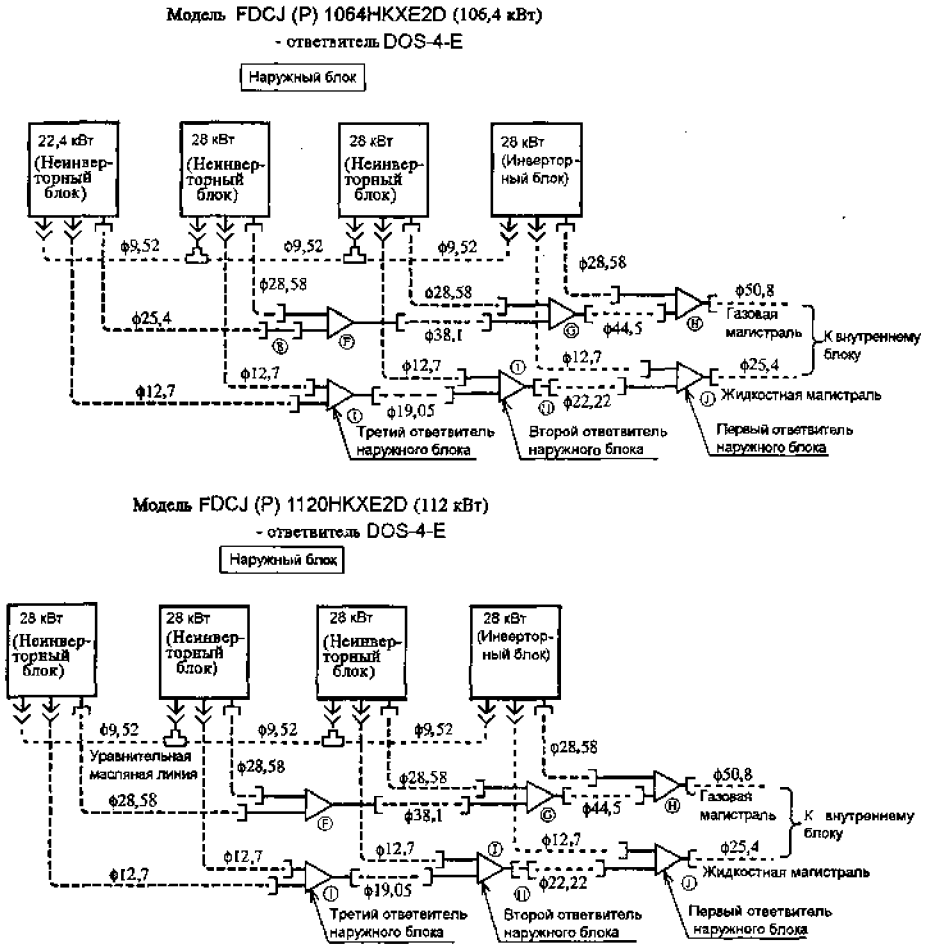


Таблица 7.2.10. Диаметры труб, выходящих из внутренних блоков систем КХК

Параметр / Модель	Газовая магистраль		Жидкостная магистраль	
	Диаметр трубы, мм	Способ соединения	Диаметр трубы, мм	Способ соединения
22,28	12,7	Вальцовочное соединение	6,35	Вальцовочное соединение
36	12,7		6,35	
45	12,7		6,35	
56, 71, 90	15,88		9,52	
112, 140	19,05		9,52	

Количество хладагента, которое необходимо добавить с учетом длины фреоновой магистрали, приведено в таблице 7.2.11.

Таблица 7.2.11. Количество хладагента, которое необходимо добавить с учетом длины фреоновой магистрали

Модель	Диаметр трубы, масса хладагента на 1 м трубы (жидкостная магистраль), кг/м							Масса хладагента, заправляемая на заводе, кг
	25,4	22,22	19,05	15,88	12,7	9,52	6,35	Наружный блок
FDCJ(P)224HKXE2D-K	0,53	0,4	0,28	0,2	0,12	0,06	0,03	12
FDCJ(P)225HKXE2D-KT								5
FDCJ(P)280HKXE2D-K								12
FDCJ(P)281HKXE2D-KT								7

При монтаже фреоновой магистрали кондиционеров типа КХК необходимо учитывать следующее:

1. Проверку на герметичность фреоновой магистрали (опрессовку) проводят давлением 2,94 МПа для фреона R22 и 3,23 МПа для фреона R407C. Опрессовку проводят через газовый сервисный вентиль (рис. 7.2.7).
2. Вакуумировать систему нужно с сервисных вентилей одновременно на газовой и жидкостной линиях (рис. 7.2.8). Технологию вакуумирования необходимо соблюдать в соответствии с разделом 12.
3. При работе с неазеотропными хладагентами (R407C, R410A) необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:
   1.1. Заправочный инструмент (манометрический коллектор, шланги) для неазеотропных хладагентов должен быть отдельным, чтобы предотвратить смешивание различных видов масел. Если в процессе ремонта вакуумируется система, в которой раньше был неазеотропный хладагент, необходимо также иметь отдельный вакуумный насос.
   1.2. Заправлять систему можно только жидкой фракцией хладагента. Применять заправочные цилиндры не допускается.
   1.3. Для заправки необходимо использовать баллон, у которого жидкость по весу составляет не менее 90 %.

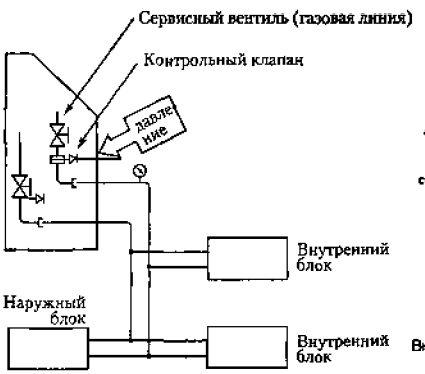


Рис. 7.2.7. Схема проверки на герметичность систем КХК

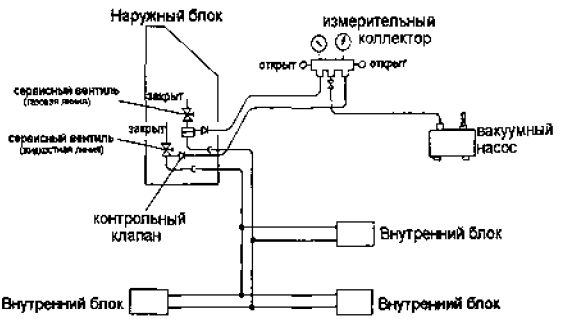


Рис. 7.2.8. Схема вакуумирования систем КХК

IBIK

1.4. При утечке дозаправку хладагента производить нельзя, так как это может привести к изменению состава хладагента. В случае обнаружения утечки хладагент необходимо заменить в полном объеме.

7.2.3. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ СИСТЕМ КХК

7.2.3.1. ТРЕБОВАНИЯ К МОНТАЖУ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ

Электропроводка напряжения питания выполняется независимо для наружных и внутренних блоков. Сечение проводящих проводов должно обеспечивать в период пуска падение напряжения на проводах не более 2 % от номинального значения.

Максимальные длины проводов и их сечения указаны в табл. 7.2.12.

Автоматические выключатели должны обеспечивать прохождение в течение 1 с пускового тока в 5–6 раз большего, чем паспортный ток срабатывания (типа С).

Таблица 7.2.12. Выбор проводов для монтажа систем КХК

Рабочий ток, А	Сечение питающего кабеля, мм^2	Макс. длина кабеля, м	Токи срабатывания автоматических выключателей, А		Сечение кабеля, мм^2	
			Автомат защиты	Автомат тока утечки	Сигнальный	Заземления
Менее 10	2	23	20	20 А 30 мА 0,1 с и менее	Двухжильный экранированный 0,75–2,0	Одножильный 0,75–2,0
Более 10 и менее 15	3,5	24	30	20 А 30 мА 0,1 с и менее		
Более 15 и менее 22	5,5	27	40	20 А 30 мА 0,1 с и менее		

Наружные и внутренние блоки соединяются сигнальной линией (выводы А, В). Так как по этой линии передаются импульсные сигналы напряжением 5 В, то с целью обеспечения защиты от помех эти цепи необходимо экранировать. Диаметр провода сигнальной линии составляет 0,75–2,0 мм^2. Провода А и В неполярны.

Не допускается "закольцевание" этой цепи (рис. 7.1.20).

7.2.3.2. УСТАНОВКА АДРЕСАЦИИ

Адрес (номер) каждому блоку можно присвоить одним из трех способов:

- автоматически;
- с пульта управления;
- вручную.

Адресация присваивается до включения напряжения питания.

IBIK

Таблица 7.2.13. Возможные номера для наружных и внутренних блоков

Установка адресации	Наружный блок	Внутренний блок	
	Номер наружного блока	Номер наружного блока	Номер внутреннего блока
Автоматическая	49	49	49
С пульта	00–47	49	49
Ручная	00–47	00–47	00–47

На печатной плате наружного инверторного блока установлено два переключателя: SW1 и SW2. Этими переключателями задается адрес наружного инверторного блока. На переключателе SW1 устанавливаются десятки (0–4), на переключателе SW2 — единицы (0–9). Таким образом, этому блоку можно присвоить номер от 00 до 49. На наружном неинверторном блоке имеются четыре переключателя: SW1 и SW2, которые служат для присвоения собственного адреса этому неинверторному блоку (также от 00 до 49). На переключателях SW3 и SW4 устанавливается адрес инверторного блока, которому подчинен данный неинверторный блок. Номера блоков не должны повторяться (табл. 7.2.13). Однажды установленный номер сохраняется в памяти компьютера даже после отключения питания.

Таблица 7.2.14. Назначение переключателей SW

Печатная плата внутреннего блока	SW1 и SW2 (синие)	Выбор номера внутреннего блока (десятки и единицы)
	SW3 и SW4 (зеленые)	Выбор номера наружного блока (десятки и единицы)
Печатная плата инверторного наружного блока (главный)	SW1 и SW2 (зеленые)	Выбор номера наружного блока (десятки и единицы)
Печатная плата неинверторного наружного блока (подчиненный)	SW1 и SW2 (зеленые)	Выбор номера наружного блока (десятки и единицы)
	SW3 и SW4 (красные)	Выбор номера инверторного наружного блока (единицы и десятки)

Если система состоит из нескольких групп, каждая из которых имеет свою фреоновую магистраль, возможна установка адресации вручную или с помощью пульта. Не допускается объединение групп с разными хладагентами.

Автоматическая установка адресации

1. Установить адрес инверторного блока — 49 (это заводская уставка, тем не менее следует ее проверить).
2. Установить в неинверторных блоках переключатель SW3 в положение "4", а SW4 — в положение "9". Это адрес инверторного блока. На переключателях SW1 и SW2 первого неинверторного блока установить значения 0 и 0, второго — 0 и 1, третьего — 0 и 2, четвертого — 0 и 3. Можно устанавливать значения от 0 до 49, но не допускать повторений номеров.
3. На переключателях SW1 и SW3 внутренних блоков установить номер 4 (десятки), на переключателях SW2 и SW4 установить 9 (единицы), т. е. 4949.
4. Подать питание на наружные блоки, а затем на внутренние (толь-

IBIK

ко в такой последовательности). Если на пульте управления высветится "OUTDOOR No", значит на наружный блок не подано питание.

5. Примерно через 1 мин после подачи питания блокам будут присвоены номера.
6. Нажать кнопку "CHECK" на пульте управления внутреннего блока, чтобы на дисплее высветился адрес, присвоенный данному внутреннему блоку.

Установка адреса с пульта управления

Для установки адреса с пульта необходимо, чтобы для каждого внутреннего блока был свой пульт управления.

1. Установить на переключателях SW1 и SW2 инверторного блока номер от 00 до 47 (48 и 49 устанавливать нельзя). На рис. 7.2.9 установ-

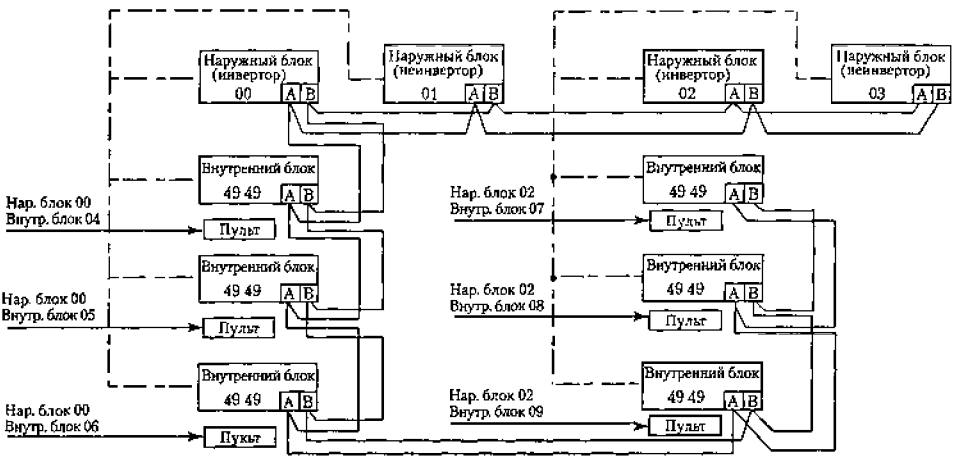


Рис. 7.2.9. Пример автоматической установки адресации блоков систем КХК

лены номера: 00 — для одного инверторного блока, 02 — для другого.

2. На неинверторных блоках на переключателях SW3 и SW4 установить номер инверторного блока, которому соподчинен неинверторный. На рис. 7.2.9 установлены номера: 00 — для одного неинверторного блока, 02 — для другого. На переключателях SW1 и SW2 установить номера, которые будут присвоены неинверторным блокам.
3. На переключателях SW1 и SW3 внутренних блоков установить номер 4 (десятки), на SW2 и SW4 установить 9 (единицы), т. е. 4949.
4. Подать питание на централизованные пульты (если они имеются).
5. Подать питание на наружные и внутренние блоки.
6. Ввести номера внутренних блоков с пультов управления — номер инверторного блока, которому подчинен внутренний блок; номер внутреннего блока от 00 до 47, не допуская повторений, следующим образом:

IBIK

6.1. После подачи питания отображаемый на дисплее номер наружного блока начнет мигать, в секции температуры возвратного потока воздуха высветится "–", а в секции времени "U–". Если высвечивается только номер наружного блока ("OUTDOOR No"), это означает, что на наружный блок не подано питание.

6.2. Нажимая кнопки ▲ и ▼, предназначенные для установки температуры, набрать номер наружного блока (отображается в секции температуры).

6.3. Нажать кнопку "SET". На дисплее отобразится номер наружного блока.

6.4. Нажимая кнопки ▲ и ▼, установить желаемый номер внутреннего блока (мигающая индикация в секции времени).

6.5. Нажать кнопку "SET".

6.5. Символ "U" начинает мигать, номера наружного и внутреннего блоков светятся постоянно. Если номера указаны правильно, нажать кнопку "SET". После этого индикатор мигает 10 с, что обозначает завершение установки. Если необходимо установить другие номера, следует нажать кнопку "CHECK" и повторить установку.

7. Чтобы удалить из памяти адрес, установленный с пульта управления:
   - нажать на пульте управления одновременно кнопки "CHECK", "TIMER" и "FAN SPEED". Адрес будет удален из памяти;
   - отключить электропитание внутреннего и наружного блоков. Установка вернется к безадресному состоянию.

Установка адресации вручную

Адресацию следует установить до подключения питания.

Установить на переключателях инверторных блоков номера от 00 до 47,

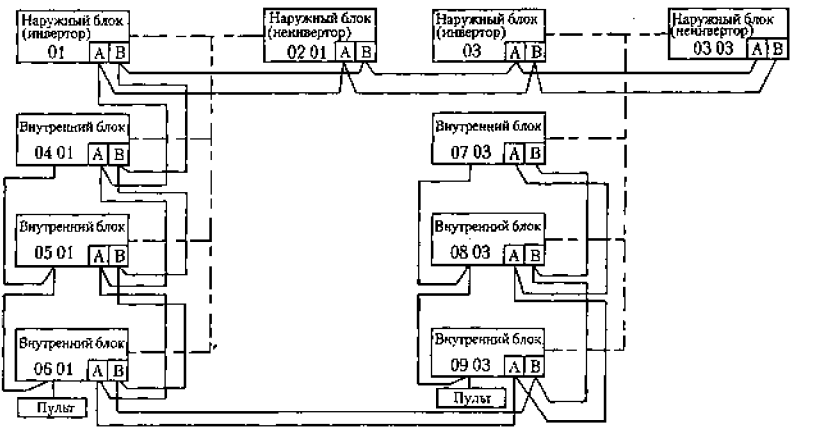


Рис. 7.2.10. Пример установки адресации блоков систем КХК вручную

IBIK

не допуская повторений (рис. 7.2.10). На неинверторных блоках установить на переключателях SW3 и SW4 номера инверторных блоков, которым подчинены неинверторные блоки. На переключателях SW1 и SW2 установить желаемые номера неинверторных блоков, не допуская повторений.

На переключателях SW1 и SW2 внутренних блоков установить желаемые номера внутренних блоков, на переключателях SW3 и SW4 — номера инверторного блока, которому подчинен внутренний блок.

7.2.4 ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ КХК

1. Работа компрессоров в пусковом режиме

После подачи напряжения питания включаются последовательно все наружные блоки в соответствии с присвоенными им номерами. Если все блоки были остановлены и затем поступит команда на включение режимов охлаждения или осушки, включится инверторный блок, затем через каждые 10 с будут включаться подсоединенные к этому комплексу неинверторные блоки. Перед этим происходит переустановка четырехходового клапана в нужное положение. Компрессоры и вентиляторы неинверторных наружных блоков работают в тестовом режиме 30 с, после чего все неинверторные блоки останавливаются.

2. Регулировка производительности

Регулировка производительности неинверторных блоков СМ3, 4, 5 производится путем байпасирования хладагента через соленоидные клапаны SV6 и SV7 в соответствии с таблицей:

Соленоидный клапан		Производительность
SV6	SV7	
ON	OFF	Полная
OFF	ON	50 %

Перед остановкой компрессоров СМ3, 4 и 5 соленоидные клапаны включаются на 1 мин с производительностью 50 %, после чего компрессоры останавливаются.

3. Трехминутная задержка включения компрессора

Если произошла остановка компрессоров по команде датчика температуры (Tho-A), давления (63H1) или тока (CT2), то последующее включение может быть произведено не ранее, чем через 3 мин.

Задержка включения компрессора не происходит при включении напряжения питания или в период оттаивания.

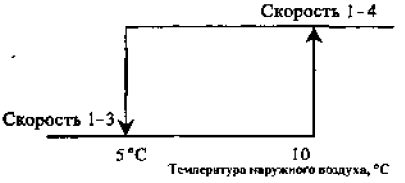
IBIK

4. Работа вентилятора наружного блока

В случае отключения компрессора по сигналу системы защиты (давление, ток) вентиляторы наружного блока продолжают работать в течение 30 минут. В режиме охлаждения вентиляторы наружного блока включаются только при температуре наружного воздуха выше 17 °С.

При работе в режиме нагрева скорость вентилятора наружного блока изменяется по циклограмме:





В неинверторных блоках скорость вращения вентилятора обеспечивает температуру наружного теплообменника в пределах от 42 до 48 °С.

Таблицы условных значений скоростей вентиляторов наружных блоков:

ИНВЕРТОРНЫЙ БЛОК		
Условная скорость	Вентилятор	
	FM01	FM02
4	Hi	ON
3	Hi	OFF
2	Me	OFF
1	Lo	OFF

НЕИНВЕРТОРНЫЙ БЛОК		
Условная скорость	Вентилятор	
	FM01	FM02
3	Hi	ON
2	Hi	OFF
1	Lo	OFF

5. Тестовая проверка в пусковом режиме

После подачи напряжения питания запуск компрессоров производится в порядке, описанном в таблице:

	Условия	Способ запуска
1	Первый запуск компрессора – через 6 ч после подачи питания; запуск, когда общее количество запусков после подачи питания составляет 2 и более после 6-ти часовой остановки	Установка четырехходового клапана, затем после прогрева картера компрессор запускается в соответствии с циклограммой А
2	Первый запуск менее чем через 6 ч после подачи питания	Установка четырехходового клапана, затем после прогрева картера, компрессор запускается в соответствии с циклограммой В
3	Запуск при условиях, отличных от описаных в пунктах 1 и 2	После установки четырехходового клапана запуск осуществляется с защитой компрессора

При запуске инверторного компрессора CM1 независимо от затребованной частоты будет происходить следующее:

Компрессор начнет работать с частотой в диапазоне от 5 до 25 Гц. В это время защита от превышения давления и тока отключена.

После достижения частоты 25 Гц компрессор начнет работать с частотой в диапазоне от 25 до 66 (90) Гц. Максимальное значение частоты зависит от температуры наружного воздуха (Tho-A):

- если температура наружного воздуха ниже 0 °С и максимальная частота составляет 90 Гц, компрессор будет работать на протяжении 45 с;

IBIK

- если температура наружного воздуха выше 0 °С, максимальная частота составляет 65 Гц, блок будет работать на протяжении 32,5 с.

В это время защита от превышения давления и тока включена.

6. Защита компрессора в пусковом режиме

После установки четырехходового клапана компрессор начинает работать в пусковом режиме. Компрессор будет работать с частотой 65 Гц, даже если затребованная частота превышает это значение, на протяжении 1 мин 45 с.

После того, как СМ1 проработает на частоте 65 Гц на протяжении 1 мин 45 с, и если затребованная частота при этом составит 90 Гц и более, компрессор СМ2 выйдет на полную производительность. После этого при необходимости с задержкой в 10 с последовательно включатся компрессоры СМ3 и СМ4.

7. Работа компрессора по циклограмме А

Компрессор запускается по прошествии 6 ч после подачи питания или при общем количестве запусков 2 и более.

После установки четырехходового клапана компрессор работает с затребованной частотой, если она не превышает 35 Гц.

По истечении 12 мин после запуска значение частоты начнет увеличиваться на 5 Гц каждую минуту. Если на протяжении 12 мин компрессор останавливается, то частота начнет подниматься на 5 Гц каждую минуту, пока не вернется к частоте, которая запрашивалась до остановки.

При возникновении условий для запуска компрессора СМ2 он запустится, однако не раньше, чем по истечении 8 мин после запуска компрессора СМ1. Компрессоры СМ3, СМ4 и СМ5 будут запускаться последовательно с интервалом в 10 с после полной загрузки компрессора СМ2.

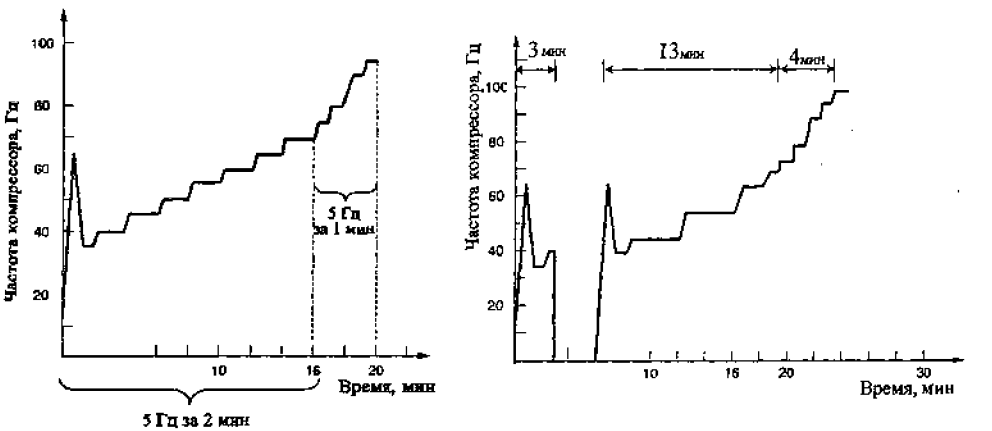


Рис. 7.2.11: *а* – циклограмма А; *б* – циклограмма Б

8. Работа компрессора по циклограмме Б

Компрессор запускается по циклограмме Б, если со времени подачи питания не прошло 6 часов. После установки четырехходового клапана компрессор начинает работать с частотой 35 Гц. Если затребованная частота ниже этого значения, то компрессор будет работать с затребованной частотой. Если затребованная частота выше 35 Гц, то частота компрессора начнет увеличиваться на 5 Гц каждые 2 мин на протяжении 16 мин. Последующие 4 мин частота увеличивается на 5 Гц каждую минуту. Весь цикл длится 20 мин.

Если промежуток времени между остановкой компрессора и его повторным запуском составляет менее 20 мин, то при втором запуске эта циклограмма не повторяется (компрессор запустится по циклограмме А). Но если компрессор был остановлен на 20 мин и более, то циклограмма запуска повторится.

Если в течение 3 мин после запуска произошла остановка компрессора, то он запустится снова через 3 мин.

Если переключатель SW3-3 находится в положении OFF (заводская уставка), компрессор работает следующим образом:

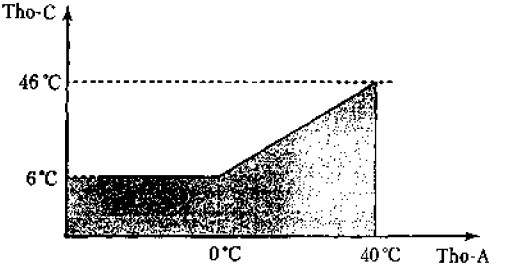


Рис. 7.2.12. Область допустимого включения компрессора

Если значения наружной температуры (Tho-A) или температуры картера компрессора (Tho-C) расположены в области, отмеченной на графике темным (рис. 7.2.12), компрессор не запустится.

Компрессор запустится, если выполняется одно из следующих условий:

- после включения напряжения питания прошло 6 ч;
- переключатель SW3-3 переведен в положение ON;
- через 30 мин после подачи питания температурные значения вышли за пределы области, отмеченной на графике темным (рис. 7.2.12). Однако запустится только инверторный компрессор.

9. Запуск и остановка неинверторных компрессоров

Неинверторные компрессоры запускаются последовательно друг за другом через каждые 10 с после выхода инверторного компрессора наполную мощность. Количество включаемых компрессоров опреде-

IBIK

ляется запрашиваемой производительностью. Неинверторный компрессор (CM2) инверторного блока будет работать до тех пор, пока частота инверторного компрессора CM1 не снизится до 40 Гц. Когда частота CM1 снижается до 40 Гц, CM2 останавливается. Компрессор CM1 принимает на себя нагрузки компрессора CM2, следовательно, его частота и производительность увеличиваются.

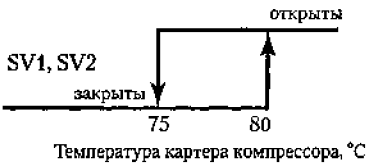
10. Работа инверторного компрессора CM1

При включении компрессора CM1 его частота вращения изменяется от 5 до 25 Гц с интервалом в 1 Гц и со скоростью 1 Гц/с. При этом, если затребованная частота становится равной нулю, компрессор останавливается.

В диапазоне от 25 до 100 Гц частота увеличивается на 5 Гц каждые 10 с (за исключением пусковых режимов, оговоренных в п. 5–8, и режима оттаивания).

11. Охлаждение компрессора

Охлаждение компрессора производится путем подачи в него паров хладагента низкого давления. При повышении температуры картера компрессора свыше 80 °С открываются байпасные соленоидные клапаны SV1 и SV2, и через капиллярные трубки в картер компрессора поступает кипящий хладагент. При снижении температуры картера до 75 °С вентили SV1 и SV2 закрываются.





Температура картера компрессора, °С

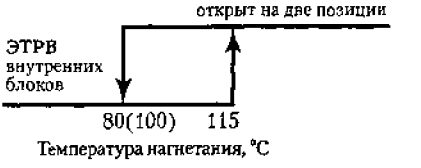
Температура картера компрессора, °С

Учитывая, что часть хладагента будет байпасироваться из жидкостной магистрали, для сохранения производительности электронные вентили внутренних блоков дополнительно откроются на 2 позиции.

12. Регулировка температуры нагнетания

Регулировка температуры нагнетания обеспечивается путем подачи кипящего хладагента в компрессор через байпасные соленоидные клапаны SV1 и SV2. При температуре нагнетания (датчики Tho-D,





Температура нагнетания, °С

Температура нагнетания, °С

Tho-D1, Tho-D2) свыше 115 °С (инвертор), 95 °С (неинвертор) SV1 и SV2 открываются, при температуре 108 (85) °С – закрываются.

Для сохранения производительности внутренних блоков дополнительно открываются электронные вентили наружных блоков.

Если температура нагнетания повысится до 130 °С, компрессор отключится. После охлаждения компрессора до 90 °С он снова включится.

Если температура нагнетания достигнет значения 130 °С дважды за 60 мин, произойдет аварийное отключение компрессора и высветится ошибка E36.

13. Защита при превышении допустимого значения давления нагнетания

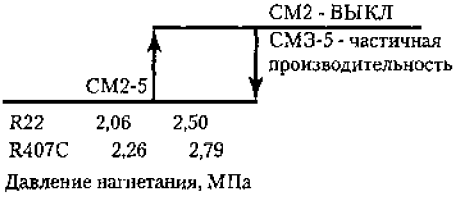
Инверторный блок

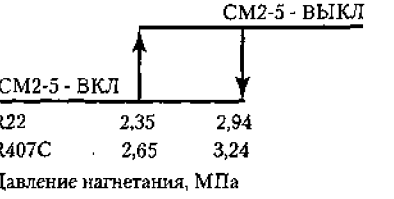


Если давление нагнетания (определяется датчиком 63H2) превысит значение 2,5 МПа для хладагента R22 и 2,79 МПа для хладагента R407C, скорость вращения двигателя компрессора CM1 будет уменьшаться каждые 5 с на 8 Гц, пока давление не снизится до 2,06 МПа (R22) или 2,26 МПа (R407C).

Неинверторные блоки

Регулировка давления нагнетания производится путем отключения компрессоров или снижения их производительности методом байпасирования. При достижении давления 2,65 МПа компрессор CM2 отключается, CM3, 4, 5 работают с производительностью 50 %. При снижении давления в течение 6 мин до 2,5 МПа (R22) или 2,26 МПа (R407C) система переходит в нормальный режим работы. Если давление повысится до 2,94 МПа (R22) или 3,24 МПа (R407C), компрессоры CM2-5 отключаются. Повторное включение произойдет, если в течение 6 мин давление снизится до 2,35 МПа (R22) или 2,65 МПа (R407C).





14. Защита при превышении допустимого значения тока

Если рабочий ток по фазе L3 превышает допустимое значение, кондиционер начинает работать по следующему алгоритму:

- снижается частота компрессора CM1 с интервалом 5 Гц в секунду, пока не достигнет значения 40 Гц;
- компрессор CM2 останавливается;

IBIK

- компрессоры СМ3, 4, 5 переходят в режим частичной нагрузки;
- частота компрессора СМ1 снижается до 25 Гц;
- если ток инвертора превышает допустимое значение, компрессор отключается;
- если после автоматического перезапуска в течение 6 мин значение тока будет в норме, компрессор начнет работать с затребованной частотой. В противном случае произойдет аварийная остановка компрессора и высветится ошибка Е33.

15. Выравнивание уровня масла

Режим 1

Если компрессор СМ2 непрерывно проработал более 3 ч, происходит следующее:

Шаг 1. Частота компрессора СМ1 снижается до значения 40 Гц. Компрессор СМ2 продолжает работать 3 мин.

Шаг 2. Компрессор СМ1 начинает работать с частотой 90 Гц, компрессор СМ2 отключается, а компрессоры СМ2, СМ4, СМ5 включаются и работают 3 минуты с частичной нагрузкой.

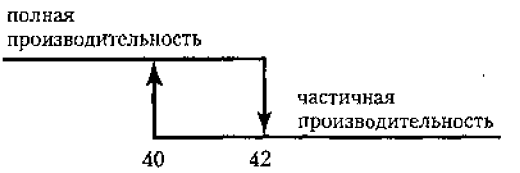
Режим 2

Данный способ выравнивания масла используется в случаях, когда время непрерывной работы всей системы превышает 3 ч.

Во всех наружных блоках открывается соленоидный клапан SV3, и блоки начинают работать следующим образом:

Шаг	Инверторный блок		Неинверторный блок 1	Неинверторный блок 2	Неинверторный блок 3	Время, мин
	СМ1	СМ2				
1	40 Гц	ВЫКЛ	ВКЛ *	ВЫКЛ	ВЫКЛ	3
2	40 Гц	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ *	ВЫКЛ	3
3	40 Гц	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	3
4	90 Гц	ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ *	3

* Режим работы меняется в зависимости от температуры наружного воздуха.



16. Защита при снижении уровня масла в компрессоре

После того как компрессор СМ1 проработал на частоте 25 Гц 9 мин, он выходит на частоту 35 Гц и работает 1 мин. Компрессор аварийно отключается, если он проработал на частоте 25 Гц более 30 мин.

17. Очистка терморегулирующего вентиля от накопления масла

Если компрессор начинает работать сразу после подачи питания или общее время его работы составляет 10 ч, включается режим очистки терморегулирующих вентилей. При этом отключаются термостат и

IBIK

вентиляторы, по очереди с интервалом 4 мин полностью открываются все терморегулирующие вентили. Если кондиционер работает в режиме охлаждения или осушки, терморегулирующие вентили удерживаются открытыми в течение 1 мин, если в режиме нагрева — в течение 4 мин.

18. Антиснеговая защита

Если перемычка J6 на печатной плате наружного блока разомкнута, то при температуре наружного воздуха ниже 3 °С каждые 10 мин будет включаться вентилятор наружного блока и работать с максимальной скоростью на протяжении 10 с.

19. Защита при обрыве одной из фаз напряжения питания компрессора CM2

Если во вторичной цепи контактора 52C2 в течение 5 с будет отсутствовать ток в фазе L3 или его значение снизится до 2 А, сработает аварийная защита компрессора CM2 и на инверторный блок поступит сигнал о наличии неисправности, связанной с обрывом фазы.

20. Защита при заклинивании двигателя компрессора CM1

Если значение силы тока компрессора CM1 превышает 10 А на протяжении 0,5 с при непрерывной работе с частотой 25 Гц и менее, компрессор останавливается. Перезапуск компрессора будет произведен через 3 мин. Если на протяжении 60 мин превышение тока фиксируется 5 раз или если за 10 мин сила тока не снизится до 2 А и менее, сработает аварийная защита и компрессор остановится.

21. Защита при превышении тока в неинверторном компрессоре (CM2-5)

Инверторный блок

Если во вторичной цепи контактора 52C в фазе L3 значение тока будет превышать установленное значение на протяжении 0,5 с и более, компрессор остановится. При первом превышении останавливается компрессор CM2. Через 3 мин происходит его перезапуск. Если на протяжении последующих 40 мин превышение зафиксируется повторно или поступит сигнал от неинверторного блока о превышении тока, сработает аварийная защита, и компрессор останавливается.

Неинверторный блок

Если во вторичной цепи контактора 52C в фазе L3 значение тока будет превышать установленное значение на протяжении 0,5 с и более, компрессор остановится. При первом превышении останавливаются компрессоры CM3-5. Через 3 мин происходит их перезапуск. Если на протяжении 40 мин превышение тока фиксируется повторно, на инверторный блок поступает сигнал о наличии неисправности, связанной с превышением тока.

22. Защита при превышении допустимого значения давления (инверторный блок)

Если один из двух датчиков высокого давления (63H1–1, 63H1–2: 2,94 МПа — вкл., 2,35 МПа — выкл.) дважды за 40 мин зафиксирует превышение давления, сработает аварийная защита и компрессор остановится.

IBIK

Если датчик сработает в момент пуска, компрессор остановится и его повторный запуск произойдет через 3 мин.

23. Защита при высоком давлении и перегреве обмотки двигателя компрессора (неинверторный блок)

Если датчик высокого давления (63H1) или термостат внутреннего блока (49 °С) сработают дважды на протяжении 40 мин, компрессор остановится. Если датчик сработает в момент пуска компрессора, компрессор остановится, и его повторный запуск произойдет через 3 мин.

24. Защита при превышении тока компрессора (инверторный блок)

Если ток превышает установленное значение, компрессор останавливается и запускается снова через 3 мин. Если защита срабатывает 4 раза в течение 15 мин или в течение 5 мин после повторного запуска, происходит аварийная остановка компрессора.

25. Защита от перегрева мощного транзистора (инверторный блок)

Если температура мощного транзистора достигает 118 °С, компрессор останавливается и автоматически запускается повторно через 3 мин или как только температура снизится до допустимого уровня. Если на протяжении последующих двух часов защита сработает повторно, произойдет аварийная остановка компрессора.

26. Режим форсированного охлаждения/нагрева (инверторный блок)

Форсированный режим включается, если переключатели SW3-7 на печатной плате переведены в положение ON, а на разъеме CnG установлена перемычка. Если при работе в форсированном режиме на пульте управления будет выбран другой режим, то на дисплее высветится надпись: "Mode doesn't match" (несоответствие режимов).

SW3-7	CnG	Режим работы
ВЫКЛ	с/без перемычки	Нормальная работа
ВКЛ	без перемычки	Форсированное охлаждение
	с перемычкой	Форсированный нагрев

Уставка производителя: SW3-7 — OFF; CnG — без перемычки.

27. Проверка связи внутренних и наружных блоков (кратковременный тестовый режим)

Проверка связи осуществляется перед запуском тестового режима. Если переключатели SW3-4, 5, 6 перевести в положение ON, начнется проверка связи между внутренними и наружными блоками.

Питание к нагревателю картера компрессора подавалось

Внутренние и наружные блоки отключаются после тестового режима, когда компрессор CM1 проработает 16 мин. (Терморегулирующий вентиль полностью открыт, вентилятор внутреннего блока выключен, на дисплее пульта высвечивается слово "CENTER").

IBIK

Температура всех внутренних теплообменников проверяется через 3 мин после начала работы компрессора СМ2 (с 6-минутной задержкой). Затем температура внутренних теплообменников проверяется с интервалом в 20 с. Температура должна снизиться на 7 °С и более по сравнению с температурой до запуска.

Если через 5 мин выявляется, что на одном из блоков температура не опустилась на 7 °С, на дисплеях пульта и наружного блока высвечивается ошибка. Если все в норме, на 7-сегментном дисплее высвечивается индикация "—". Индикацию можно сбросить, переведя переключатель SW3-4 в положение OFF.

Питание к нагревателю картера не подавалось

Если питание не подавалось более 6 ч, тестовый режим длится 8 мин. Если питание не подавалось менее 6 ч — 3 мин.

28. Тестовый режим

Перед началом работы необходимо проверить работу кондиционера в тестовом режиме. Установка тестового режима производится с помощью переключателей SW3-5 и SW3-6, расположенных на печатной плате наружного блока, в соответствии с таблицей:

Переключатель		Функция
SW3-5	ON	Все внутренние блоки работают на максимальной частоте. Наружные блоки работают с частотой, требуемой внутренними блоками
	OFF	Нормальный режим работы
SW3-6	ON	SW3-5 ON: Режим охлаждения
	OFF	SW3-5 OFF: Режим тепла

Максимальное значение частоты наружного блока определяется суммой максимальных частот, запрашиваемых внутренними блоками.

Чтобы запустить тестовый режим с пульта в зимний период, необходимо выполнить следующие процедуры:

1. Установить режим охлаждения.
2. Нажать одновременно кнопки "SET TEMP ▼" и "SET". На дисплее высветится температура 5°С и на 30 мин установится режим охлаждения.
3. Чтобы выйти из режима охлаждения, следует с помощью кнопки "MODE" перейти в другой режим.

29. Диагностика состояния компрессорно-конденсаторных блоков по индикации, отображаемой на дисплее пульта управления, аналогична диагностике, описанной в п. 26.4, раздела 7.

7.3. МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА (СИСТЕМЫ KXR)

7.3.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ КОНДИЦИОНЕРОВ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ТЕПЛА

Системы кондиционирования воздуха типа КХ, КХК, VRV и аналогичные им могут обеспечить в различных зонах только однотипные режимы, определяемые режимом работы наружного блока. Так, если наружный блок работает в режиме охлаждения, то внутренние блоки могут быть включены на охлаждение, осушение или вентиляцию. Если наружный блок включен в режиме нагрева, то внутренние блоки могут быть включены только в режимах нагрева или вентиляции. Переход наружного блока с режима на режим происходит по команде одного из пользователей по принципу приоритетности, сущность которого приведена на рис. 5.6.4 (раздел 5.6).

Если пользователь *А* первым затребовал режим охлаждения, наружный блок будет работать в этом режиме до тех пор, пока пользователь *А* не отключится. Внутренний блок пользователя *В*, который затребовал режим тепла, в этот период будет работать в режиме вентиляции. Если же пользователь *В* включит режим охлаждения, а пользователь *А* через некоторое время перейдет на режим нагрева, то его внутренний блок начнет работать в режиме вентиляции.

То есть приоритет отдается тому пользователю, который включился раньше или тому, кто сохраняет установленный режим.

В некоторых случаях такой алгоритм работы является неудобным, а иногда и недопустимым. Например, в офисах, где компьютеры объединены в единую сеть, в серверном помещении в любой период года большое тепловыделение от оборудования. Такие помещения необходимо постоянно охлаждать. Комнаты, где расположены рабочие места сотрудников, в зависимости от температуры окружающего воздуха необходимо либо нагревать, либо охлаждать. Следовательно, в подобных случаях требуется система кондиционирования воздуха, которая позволяет каждому пользователю выбирать режим, подходящий для данной зоны. Кроме повышения эксплутационных характеристик (удобств в использовании), в таких системах тепло "перекачивается" из одного помещения в другое, благодаря чему снижается потребление энергии.

Эти системы получили название ***многозональных систем кондиционирования с утилизацией тепла.***

Система кондиционирования с утилизацией тепла состоит из трех частей:

- компрессорно-конденсаторного блока;
- фреоновых коммутаторов;
- внутренних блоков.

IBIK

Фреоновые коммутаторы устанавливаются между компрессорно-конденсаторными и внутренними блоками. Компрессорно-конденсаторный блок соединяется с фреоновым коммутатором двумя или тремя трубами. В зависимости от этого систему называют соответственно двух- или трехтрубной. Внутренние блоки соединяются с фреоновыми коммутаторами двумя трубами.

В трехтрубной системе (рис. 7.3.1.) теплообменник компрессорно-конденсаторного блока разделен на две части (Tn1 и Tn2). Каждая часть теплообменника соединена с одной стороны со своим четырехходовым клапаном, с другой — с электрически управляемым вентилем. Остальные элементы аналогичны элементам систем КХ.

Внутренние блоки состоят из теплообменника, фильтров, терморегулирующих вентилей, капиллярных трубок, клапанов.

Фреоновые коммутаторы состоят из электрически управляемых вентилей, фильтров, капиллярных трубок.

В трехтрубной системе ко входу фреоновых коммутаторов от наружного блока подходят три трубы с фреоном:

- труба, идущая от компрессора, с газом высокого давления;
- труба, идущая от ресивера наружного блока, с жидким фреоном высокого давления;
- труба, идущая от линии всасывания компрессора, с газом низкого давления.

Выходы фреоновых коммутаторов (2 трубы) соединяются с входами внутренних блоков. Количество выходов у фреоновых коммутаторов может быть на 1, 2, 4 и 6 внутренних блоков.

В двухтрубной системе в фреоновые коммутаторы, называемые *BC*-контроллерами (рис. 7.3.6), по одной трубе поступает хладагент высокого давления (смесь жидкого и парообразного хладагента), по второй — газ низкого давления. В *BC*-контроллерах имеется сепаратор, в котором происходит разделение смеси жидкого и парообразного хладагента на пар и жидкость высокого давления.

В двухтрубных системах фреоновый коммутатор сложнее, чем в трехтрубных, однако фреоновая магистраль значительно упрощается, используется меньшее количество труб, легче монтаж, меньше паяных соединений.

Трехтрубные системы производятся фирмой Mitsubishi Heavy Industries, двухтрубные — Mitsubishi Electric.

7.3.1.1. ПРИНЦИП РАБОТЫ ТРЕХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ

Режим работы трехтрубной системы KXR, когда все потребители включены на режим охлаждения, показан на рис. 7.3.1.

ІВІК

В этом случае оба четырехходовых клапана V4V1 и V4V2 включены на режим охлаждения, теплообменники Tn1 и Tn2 выполняют функции конденсаторов, а в ресивере накапливается жидкий хладагент высокого давления. С жидкостной магистрали (желтая линия) фреон поступает во фреоновый коммутатор, а из него — во внутренний блок. После электронных терморегулирующих вентилей ТРВ 1, 2, 3 и 4 хладагент подается в теплообменники внутреннего блока, где, испаряясь, отбирает тепло из помещения. Газ низкого давления возвращается во фреоновый коммутатор (вентили 2, 4, 6 и 8 открыты, вентили 1, 3, 5 и 7 закрыты) и по магистрали низкого давления поступает в докипатель, а затем во всасывающий патрубок компрессора.

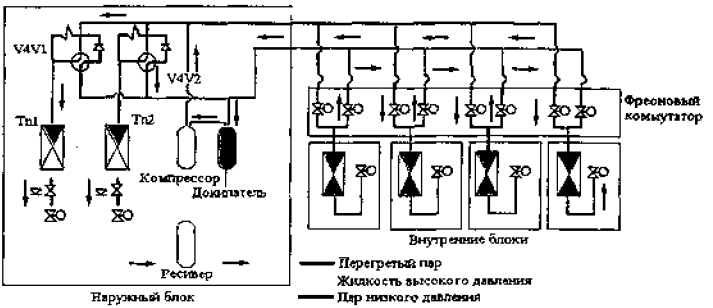


Рис. 7.3.1. Режим полного охлаждения

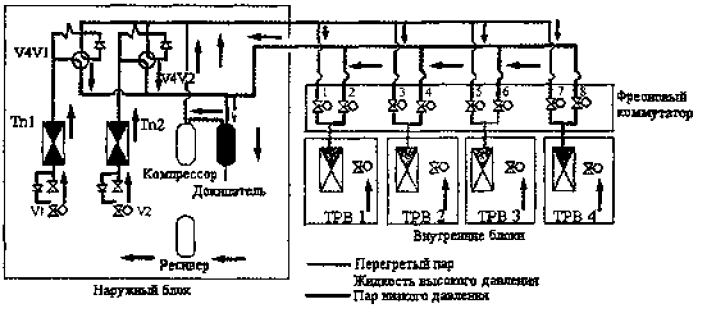


Рис. 7.3.2. Режим полного нагрева

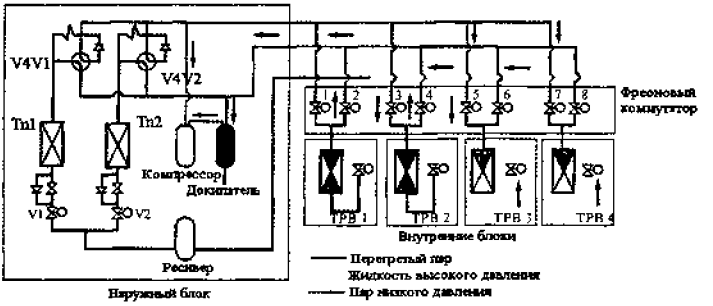


Рис. 7.3.3. Работа половины внутренних блоков на охлаждение, половины — на нагрев

Схема работы трехтрубной системы KXR в режиме, когда все потребители включены на нагрев, показана на рис. 7.3.2.

Перегретый газ высокого давления из компрессора поступает во фреоновый коммутатор, а затем через открытые вентили 1, 3, 5 и 7 (вентили 2, 4, 6 и 8 закрыты) — в теплообменники внутреннего блока. В теплообменниках внутренних блоков газ конденсируется и через открытые терморегулирующие вентили ТРВ1, 2, 3, 4 поступает в ресивер, затем, пройдя электрически управляемые вентили (V1, V2), поступает в теплообменник наружного блока, где испаряется. Газ низкого давления через четырехходовые клапаны и докипатель возвращается во всасывающую магистраль компрессора.

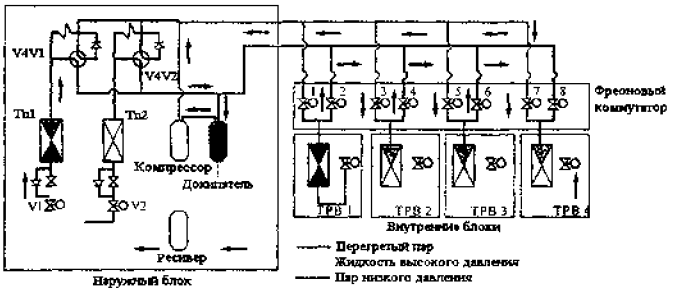


Рис. 7.3.4. Работа большинства блоков на нагрев

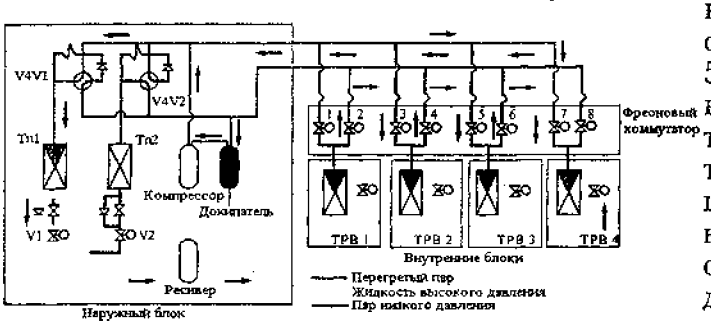


Рис. 7.3.5. Работа большинства блоков на охлаждение

На схеме рис. 7.3.3 показана работа системы, когда половина потребителей включена в режиме охлаждения, а половина — в режиме нагрева.

В этом случае перегретый пар из компрессора через открытые вентили 5 и 7 фреонового коммутатора поступает к потребителям, работающим в режиме нагрева. Сконденсированный хладагент поступает к потребителям, работающим в режиме охлаждения (ТРВ 1, 2 теплообменников внутренних блоков 1, 2) и через вентили 2, 4 фреонового коммутатора возвращается в линию низкого давления (всасывания). Жидкостная линия наружного блока перекрыта клапанами V1 и V2. Как видно из схемы, теплообменники наружного блока и четырехходовые клапаны в процессе не задействованы. Тепло от одних потребителей передается другим. Работа в подобном режиме очень эффективна, хотя необходимость в нем возникает достаточно редко.

Случай, когда большая часть потребителей работает в режиме нагрева, показан на рис. 7.3.4, а когда большая часть работает в режиме охлаждения — на рис. 7.3.5. По схеме можно проследить (указано стрелками) путь прохождения и изменения агрегатного состояния хладагента.

Отметим, что в этих случаях часть тепла перекачивается из одних помещений в другие, а часть циркулирует через теплообменник наружного блока. При этом задействован только один четырехходовой клапан и часть теплообменника.

7.3.1.2. ПРИНЦИП РАБОТЫ ДВУХТРУБНОЙ СИСТЕМЫ

В двухтрубной системе кондиционирования с утилизацией тепла (например, City Multi R2 Mitsubishi Electric) компрессорно-конденсаторный блок имеет один теплообменник и один четырехходовой клапан. Однако дополнительно установлены 4 обратных клапана. Вентилятор охлаждения теплообменника наружного блока с

IBIK

регулируемой скоростью вращения позволяет получить на выходе теплообменника двухфазный поток хладагента, который поступает на фреоновый коммутатор (*BC*-контроллер).

В *BC*-контроллере имеется сепаратор жидкости и газа (СП), а также электрически управляемые трехходовые регулирующие вентили (V1–V4), которые соединяются с теплообменником внутреннего блока и двухходовыми электрически управляемыми регулирующими вентилями (V5 и V6).

Во внутреннем блоке установлены теплообменники и терморегулирующие вентили (ТРВ1, 2, 3, 4).

Принцип работы двухтрубной системы *R2* в режиме, когда все потребители включены на охлаждение, показан на рис. 7.3.6.

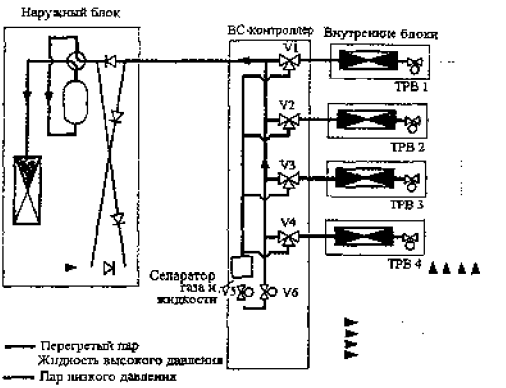


Рис. 7.3.6. Работа всех блоков на охлаждение

Компрессор сжимает газ, который через четырехходовой клапан поступает в теплообменник наружного блока. Скорость вентилятора обдува теплообменника такая, что на его выходе хладагент находится в жидком состоянии. Жидкий хладагент по трубопроводу высокого давления поступает в сепаратор *BC*-контроллера, а затем через вентиль V5 и электрически управляемые терморегулирующие вентили — в теплообменники внутренних блоков. Из теплообменников внутренних блоков пар низкого давления через трехходовые клапаны поступает на четырехходовой клапан наружного блока, а затем — на всасывающий патрубок компрессора.

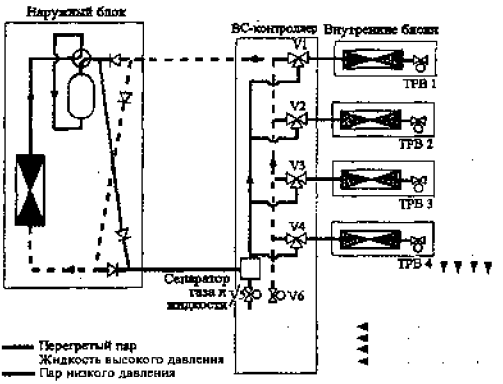


Рис. 7.3.7. Работа всех блоков на нагрев

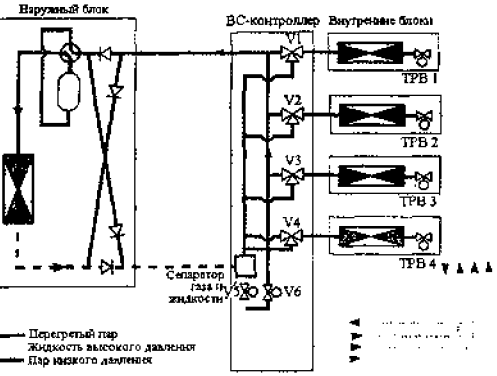


Рис. 7.3.8. Работа большинства блоков на охлаждение

В режиме полного нагрева (рис. 7.3.7) перегретый пар с выхода компрессора через четырехходовой клапан поступает на сепаратор *BC*-контроллера, а затем через трехходовой регулирующий вентиль — на теплообменник внутреннего блока, где конденсируется. Жидкий хладагент

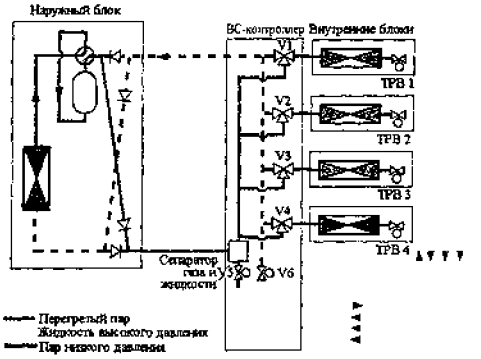


Рис. 7.3.9. Работа большинства блоков на нагрев

дросселируется регулирующим вентилем V6 *BC*-контроллера. Далее хладагент дозировано поступает на теплообменник наружного блока, где окончательно испаряется и через четырехходовой клапан возвращается в компрессор.

Если большинство блоков работает на охлаждение (рис. 7.3.8), то перегретый пар конденсируется в теплообменнике наружного блока и поступает в сепаратор *BC*-контроллера. Жидкая фракция хладагента направляется в теплообменники внутренних блоков, работающих в режиме охлаждения, а паровая фракция поступает через трехходовой клапан *BC*-контроллера в теплообменники внутренних блоков, работающих в режиме нагрева. После конденсации жидкая фракция поступает во внутренние блоки, работающие на охлаждение.

Схема работы системы, когда большинство блоков работает на обогрев, показана на рис. 7.3.9. В случае, когда мощность внутренних блоков, работающих в режиме нагрева, примерно равна мощности внутренних блоков, работающих на охлаждение, теплообменник наружного блока практически не работает. Часть внутренних теплообменников играют роль конденсатора (режим тепла), а часть – испарителя (режим холода).

7.3.2. КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ БЛОКИ СИСТЕМЫ KXR

Системы KXR компании MHI имеют два типоразмера компрессорно-конденсаторных блоков: FDCP224HKXRE2V и FDCP280HKXRE2V, технические характеристики которых приведены в таблице 7.3.1.

Таблица 7.3.1. Технические характеристики компрессорно-конденсаторных блоков

Параметр		Модели	
		FDCP224HKXRE2V	FDCP280HKXRE2V
Питание		3 ф, 380, 50 Гц	
Номинальная холодопроизводительность	кВт	22,4	**28,0**
Номинальная теплопроизводительность	кВт	25,0	**31,5**
Уровень звуковой мощности	дБ (А)	60	
Габаритные размеры высота × ширина × глубина	мм	1700 × 1350 × 600	
Масса	кг	340	361
Тип компрессора		RS555SHAV31	RS570HAV31
Потребляемая мощность	кВт	5,5	7,5
Нагреватель поддона картера	Вт	40	
Регулятор потока хладагента		Электронный ТРВ + капиллярная трубка	
Тип хладагента		R407C	
Количество хладагента	кг	11	
Масло	л	3,7 (MA32)	3,7 (MA32)
Расход воздуха	$м^3$/мин	175	

IBIK

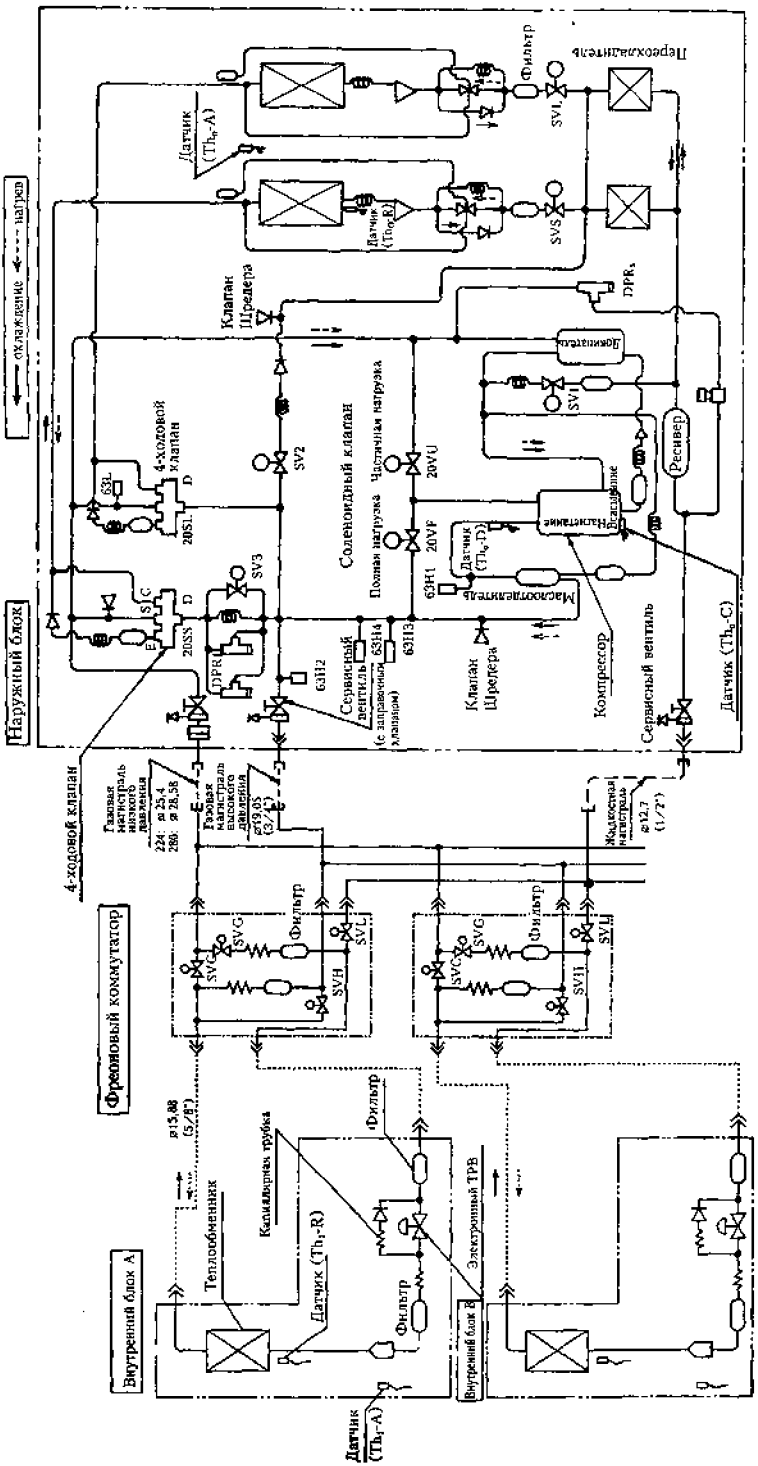


Рис. 7.3.10. Гидравлическая схема кондиционера с утилизацией тепла FDCP224(280)HKXR2A

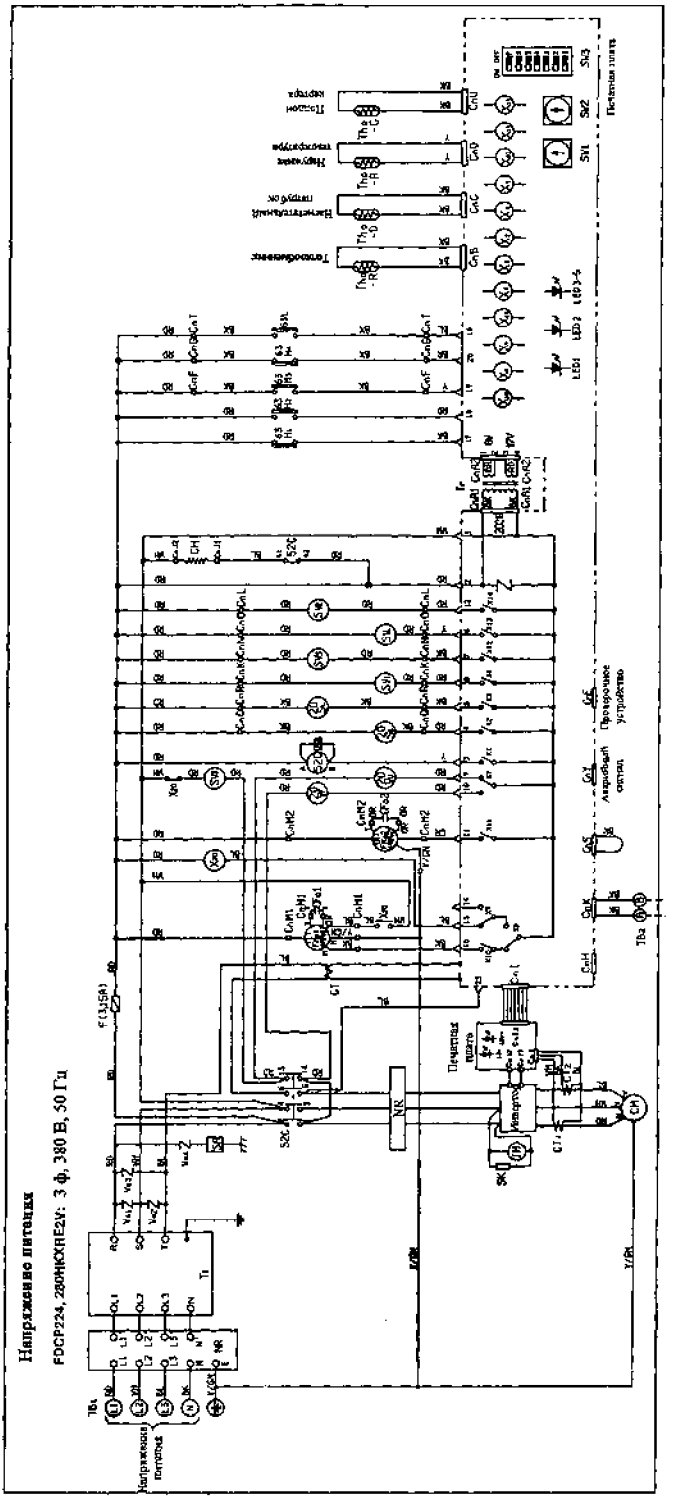


Рис. 7.3.11. Схема электрическая компрессорно-конденсаторного блока кондиционера KXR

IBIK

Условные обозначения:

Обозначение	Название	Обозначение	Название
CM	Мотор-компрессор	$63H_1$	Реле защиты по высокому давлению
$FM_{1,2}$	Мотор обдува наружного блока	$63H_2$	Датчик регулировки давления конденсации
IM	Мотор обдува инвертора	$63H_3$	Реле защиты по высокому давлению
52C	Электромагнитный контактор включения мотора-компрессора	$63H_4$	Реле защиты по высокому давлению
$49F_{1,2}$	Внутренний термостат мотора обдува наружного блока	63L	Реле защиты по низкому давлению
CH	Нагреватель картера компрессора	Tho-A	Термистор (наружная температура)
$CF_{1,2}$	Конденсатор для мотора обдува наружного блока	Tho-C	Термистор (поддон картера)
X_1	Реле (для 52C)	Tho-D	Термистор (температура перегретого пара)
X_2	Реле (для 20SS)	Tho-R	Термистор (температура наружного теплообменника)
X_3	Реле (для 20SL)	$CT_{1,2}$	Трансформатор тока
X_4	Реле (для SV1)	NR	Помехоподавляющий фильтр
X_7	Реле (для 20VF, 20VU)	SK	Искрогаситель
X_{8-10}	Реле (для FM_O1)	SA	Устройство защитного отключения
X_{11}	Реле (для FM_O2)	Tr	Трансформатор
X_{12}	Реле (для SVS)	$Va_{1,2,3,4}$	Варистор
X_{13}	Реле (для SVL)	$TB_{1,2}$	Клеммная колодка
X_{14}	Реле (для SV2)	F	Предохранитель
X_{20}	Реле (для SV3)	Cn_{A-Y}	Соединитель (Г-обозначение)
20Ss	Четырехходовой клапан передней части теплообменника	SW1	Номер наружного блока (десятки)
$20S_L$	Четырехходовой клапан задней части теплообменника	SW2	Номер наружного блока (единицы)
$20V_F$	Соленоидный клапан (регулировка производительности)	SW3-1	Перезапуск индикатора
$20V_U$	Соленоидный клапан (регулировка производительности)	SW3-2	Оттайка
SV_1	Соленоидный клапан (охлаждение компрессора)	SW3-3	Антиснеговая защита
SV_2	Соленоидный клапан (байпас в режиме охлаждения)	LED1	Индикатор (красный)
SV_3	Соленоидный клапан (байпас перегретого пара)	LED2	Индикатор (зеленый)
SV_5	Соленоидный клапан (отключение передней части теплообменника)	LED3-5	Индикатор (желтый)
SV_L	Соленоидный клапан (отключение задней части теплообменника)	LD1	Индикатор (зеленый)
		LD2-4	Индикатор (красный)

Функции переключателей

Обозначение	Название	
SW3-4	ВКЛ	Тестовый режим
	ВЫКЛ	Обычная работа
SW3-5	ВКЛ	Тестовый режим (охлаждение)
	ВЫКЛ	Тестовый режим (нагрев)
SW3-6	ВКЛ	Принудительный режим
	ВЫКЛ	Обычная работа
SW3-7	ВКЛ	Тестовый режим
	ВЫКЛ	Обычная работа

Цветовые обозначения

Обозначение	Цвет
BK	Черный
BL	Голубой
BR	Коричневый
GN	Зеленый
GR	Серый
OR	Оранжевый
RD	Красный
WH	Белый
Y	Желтый
Y/GN	Желтый / Зеленый

В компрессорно-конденсаторном блоке имеется два четырехходовых клапана 20SS и 20SL и два теплообменника (рис. 7.3.10).

Во фреоновую магистраль подается хладагент по трем трубам в состоянии пара низкого давления, перегретого пара высокого давления и жидкости. На каждом выходе имеется сервисный вентиль и клапан Шредера для определения состояния хладагента.

Производительность регулируется путем байпассирования жидкого хладагента клапанами 20VF и 20VU, а также при необходимости соленоидным клапаном SVG, расположенным во фреоновом коммутаторе. Клапан SV1 предназначен для охлаждения компрессора. Остальные элементы аналогичны элементам системы KX.

7.3.3.ВНУТРЕННИЕ БЛОКИ СИСТЕМ KXR

Внутренние блоки системы KXR не отличаются от блоков системы KX2.

Трехтрубную систему KXR можно комплектовать 11 типами внутренних блоков девяти типоразмеров в зависимости от производительности — всего 58 модели (таблица 7.3.2).

Таблица 7.3.2. Таблица моделей внутренних блоков

Модель \ Холодопроизводительность	22	28	36	45	56	71	90	112	140
Потолочный встраиваемый (FDT)		+	+	+	+	+	+	+	+
Потолочный встраиваемый с двусторонней подачей воздуха (FDTW)		+		+	+	+	+	+	+
Потолочный встраиваемый с односторонней подачей воздуха (FDTQ)	+	+	+						
Потолочный встраиваемый с односторонней подачей воздуха (FDTS)				+		+			
Потолочный встраиваемый канальный с воздухораспределительной сетью (FDR)				+	+	+	+	+	+
Потолочный канальный (FDQM)			+						
Потолочный канальный (FDUM)			+	+	+	+	+	+	+
Потолочный подвесной (FDE)			+	+	+	+		+	+
Настенный (FDK)	+	+	+	+	+	+			
Напольный (FDFL)		+		+		+			
Напольный встраиваемый (бескорпусный) (FDFU)		+		+	+	+			

7.3.4. ФРЕОНОВАЯ МАГИСТРАЛЬ СИСТЕМ KXR

Отличительной особенностью фреоновой магистрали систем KXR является наличие фреоновых коммутаторов.

Фреоновые трехтрубные коммутаторы имеют один вход (3 трубы), а количество выходов может быть 1, 2, 4 и 6. Каждый выход имеет 2 трубы: жидкостную и газовую, к которым подключаются внутренние блоки.

IBIK

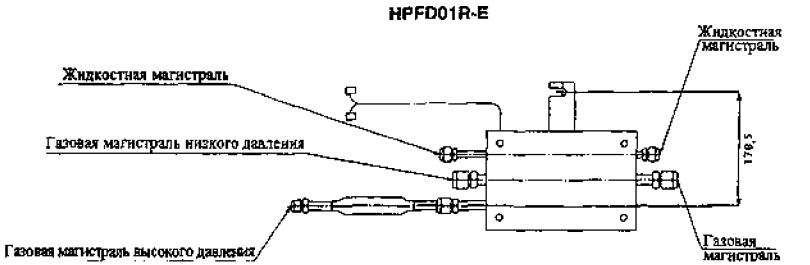


Рис. 7.3.12. Фреоновый коммутатор HPFD01R-E с одним выходом

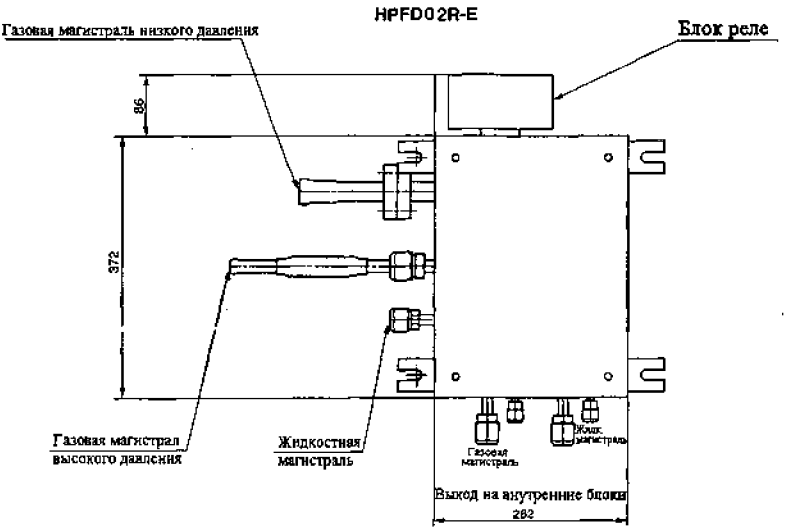


Рис. 7.3.13. Фреоновый коммутатор HPFD01R-E с двумя выходами

В системе KXR Mitsubishi Heavy Industries фреоновые коммутаторы обозначаются HPFDKR-E, где K — количество выходов (может быть соответственно K = 01, 02, 04 и 06). HPFD01R-E — индивидуальный фреоновый коммутатор, остальные — групповые фреоновые коммутаторы.

К одному выходу фреонового коммутатора можно подключать несколько внутренних блоков. В этом случае все блоки, подключенные к этому выходу, будут работать в одном режиме. Габаритные размеры коммутаторов приведены на рис. 7.3.12 — 7.3.15.

На рис. 7.3.17 показан пример комбинированного включения индивидуального и группового фреоновых коммутаторов.

К индивидуальному коммутатору подключены 2 внутренних блока, которые могут работать в одном режиме. К групповому коммутатору HPFD04R-E, имеющему четыре выхода, подключены 6 внутренних блоков. К выходу *4* группового коммутатора подключены 3 внутренних блока. Эти блоки могут работать в одном режиме. Если эти блоки

IBIK

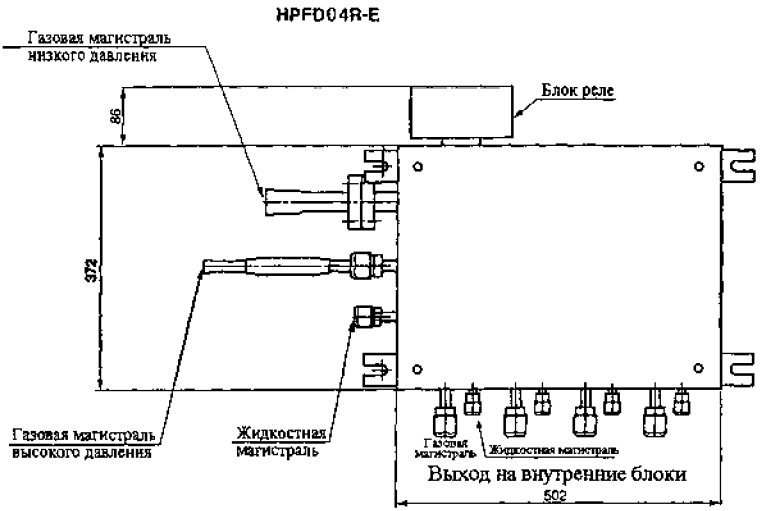


Рис. 7.3.14. Фреоновый коммутатор HPFD04R-E с четырьмя выходами

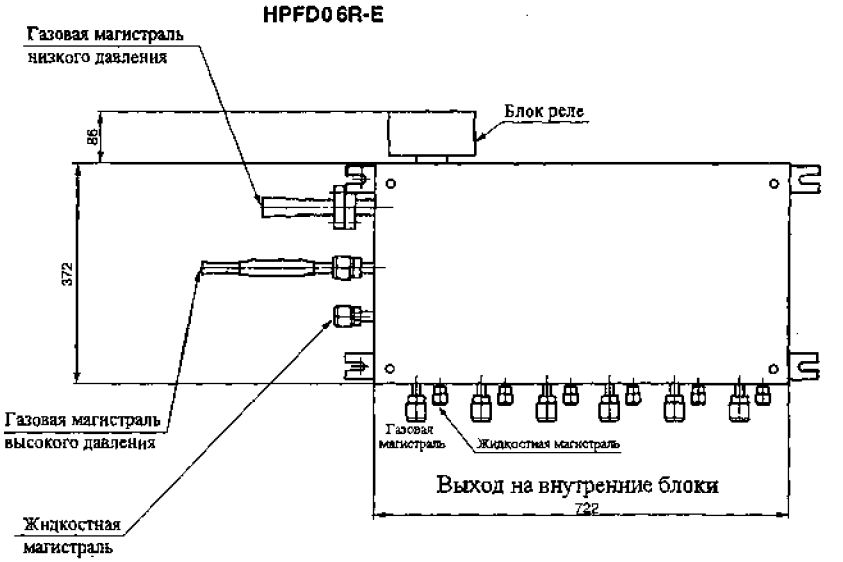


Рис. 7.3.15. Фреоновый коммутатор HPFD06R-E с шестью выходами

IBIK

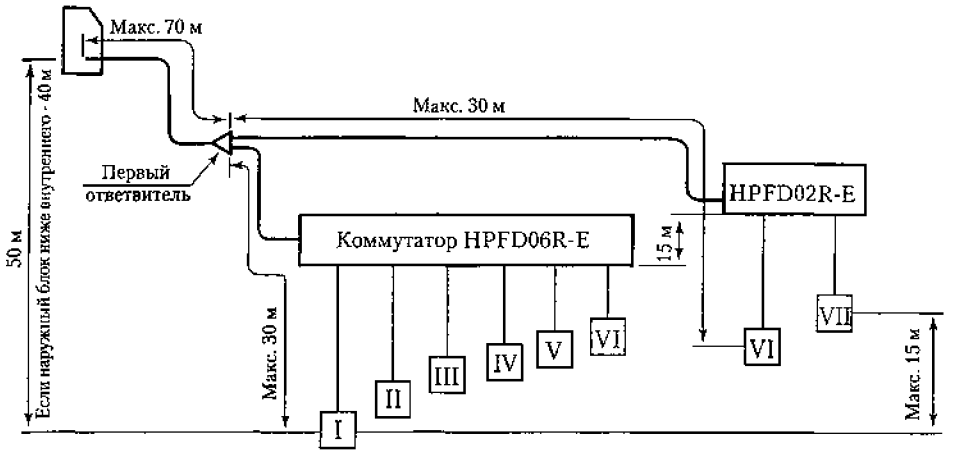


Рис. 7.3.16. Допустимое взаимное расположение блоков кондиционеров KXR

установлены в одном помещении, для них можно использовать один пульт управления. Допустимое расположение блоков показано на рис. 7.3.16.

Максимальная длина самой длинной ветви магистрали не должна превышать 130 м. Расстояние от наружного блока до первого ответвителя — 70 м, перепад высот между наружным и внутренним блоками — 50 м, между внутренними блоками — до 15 м.

Если в состав фреоновой магистрали включены только индивидуальные коммутаторы, то подбор труб и ответвителей следует производить по таблице 7.3.3.

Таблица 7.3.3. Подбор труб и ответвителей при использовании индивидуальных коммутаторов

Параметр \ Модель		FDCP224HKXRE2A(V)			FDCP280HKXRE2A(V)		
		Газовая магистраль высокого давления	Газовая магистраль низкого давления	Жидкостная магистраль	Газовая магистраль высокого давления	Газовая магистраль низкого давления	Жидкостная магистраль
Наружный блок		19,05	25,4	12,7	19,05	28,58	12,7
Основной трубопровод		19,05	25,4	12,7	19,05	28,58	12,7
Производительность после второго ответвителя	Менее 56	12,7	15,88	6,35	12,7	15,88	6,35
	56–101	12,7	15,88	9,52	12,7	15,88	9,52
	101–180	15,88	19,05	9,52	15,88	19,05	9,52
	180–364	19,05	25,4	12,7	19,05	25,4	12,7
Индивидуальный коммутатор	Наружный блок	15,88	15,88	9,52	15,88	15,88	9,52
	Внутренний блок	15,88	19,05	12,7	15,88	19,05	12,7
Фреоновый коммутатор		HPFD01R-E					
Ответвитель		DIS-1KXR3-E, DIS-V1KXR3-E, DIS-1KXR2-E					

Таблица 7.3.4. Подбор труб и ответвителей при использовании групповых коммутаторов

Параметр \ Модель		FDCP224HKXRE2A(V)			FDCP280HKXRE2A(V)		
		Газовая магистраль высокого давления	Газовая магистраль низкого давления	Жидкостная магистраль	Газовая магистраль высокого давления	Газовая магистраль низкого давления	Жидкостная магистраль
Наружный блок		19,05	25,4	12,7	19,05	28,58	12,7
Основной трубопровод		19,05	25,4	12,7	19,05	28,58	12,7
Производительность после второго ответвителя	Менее 101	12,7	15,88	9,52	12,7	15,88	9,52
	101–180	15,88	19,05	9,52	15,88	19,05	9,52
	180–364	19,05	25,4	12,7	19,05	25,4	12,7
Фреоновый коммутатор		HPFD02R-E (2 блока), HPFD04R-E (4 блока), HPFD06R-E (6 блоков)					
Ответвитель		DIS-1KXR3-E (для трехтрубной системы) DIS-1KXR2-E (для двухтрубной системы)					

При применении групповых фреоновых коммутаторов подбор труб и ответвителей следует производить по таблице 7.3.4.

Если фреоновая магистраль проходит горизонтально, то для трехтрубной магистрали используется ответвитель DIS-1KXR3-E. Для магистрали, соединяющей внутренние блоки и фреоновые коммутаторы, используется ответвитель DIS-1KXR2-E. Соединение труб с ответвителями и внутренними блоками осуществляется с помощью соответствующих переходников. На рис. 7.3.17 и 7.3.18 приведен пример подбора элементов фреоновой магистрали для кондиционера FDCP280HKXRE2A.

В зависимости от того, в каком состоянии находятся электрически управляемые клапаны фреонового коммутатора (SVH, SVC, SVL и SVG), внутренние блоки работают в определенном режиме (табл. 7.3.5).

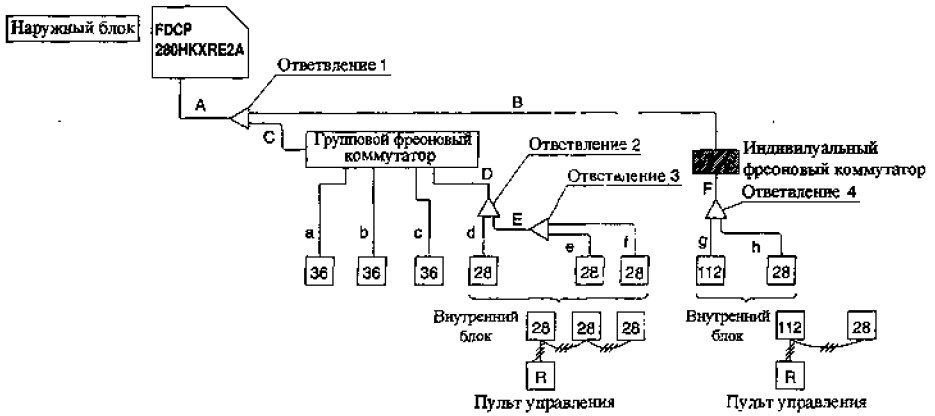


Рис. 7.3.17. Пример комбинированного включения индивидуального и группового коммутаторов

Клапан / Режим работы	SVH	SVL	SVC	SVG
Напряжение питания не подано	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт
Напряжение питания подано, вентиляция	закрыт	открыт	закрыт	закрыт
Нагрев	открыт	открыт	закрыт	закрыт
Охлаждение, оттаивание наружного блока	закрыт	открыт	открыт	закрыт

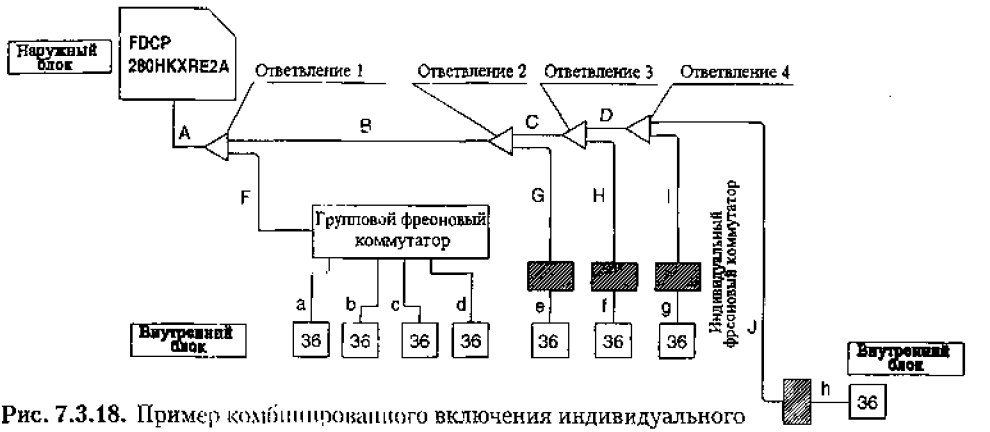


Рис. 7.3.18. Пример комбинированного включения индивидуального и группового фреонового коммутаторов

7.3.5. ЭЛЕКТРОМОНТАЖ СИСТЕМ KXR

Схема электрическая фреонового коммутатора HPFD01R-E приведена на рис. 7.3.19.

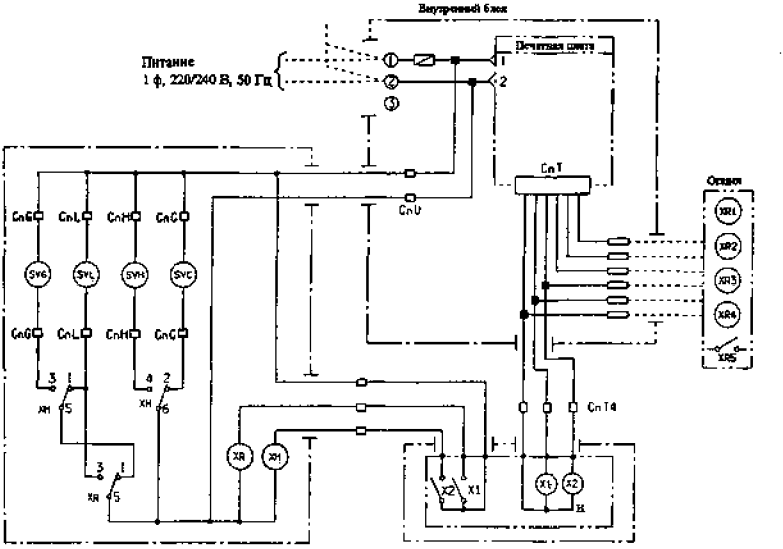


Рис. 7.3.19. Схема электрическая фреонового коммутатора

Напряжение питания на фреоновый коммутатор подается с внутреннего блока, который обслуживается этим коммутатором. Сигналы управления подаются во фреоновый коммутатор с разъема СпТ внутреннего блока через вспомогательную плату. Назначение элементов:

SVH	Газовый соленоидный клапан высокого давления	SVG	Байпасный соленоидный клапан
SVC	Газовый соленоидный клапан низкого давления	XR, X1, XR1	Реле
SVL	Жидкостной соленоидный клапан	XH, X2, XR2	Реле

Пример монтажной схемы соединений системы KXR с двумя групповыми фреоновыми коммутаторами приведен на рис. 7.3.20, а разводка сигнальных и управляющих линий — на рис. 7.3.21. В остальном электромонтаж и установка адресации блоков аналогичны системам KX.

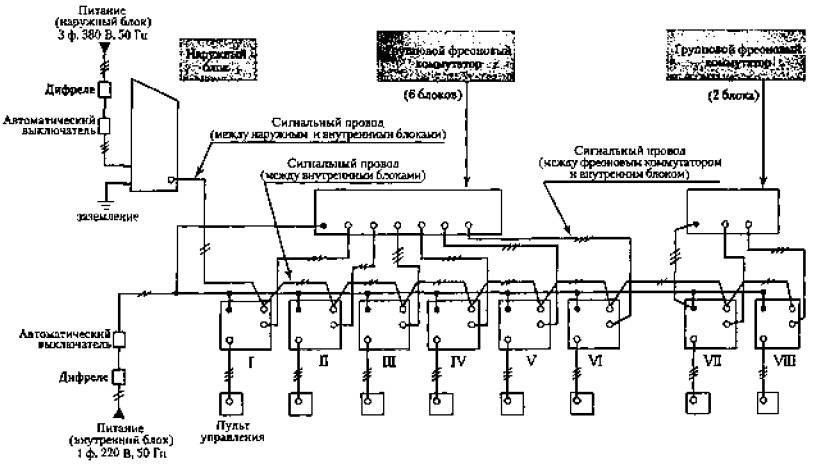


Рис. 7.3.20. Пример монтажной схемы соединений системы KXR с двумя групповыми фреоновыми коммутаторами

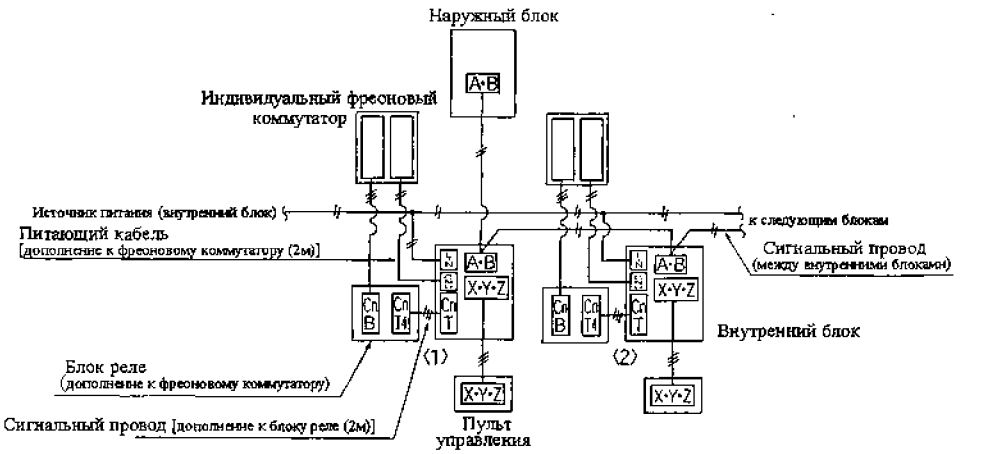


Рис. 7.3.21. Разводка сигнальных и управляющих линий

7.3.6. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ KXR

1. Рабочая частота

Распределение производительности между внутренними блоками производится в зависимости от затребованной ими частоты.

Таблица 7.3.7. Диапазон частот наружных блоков

Модель	Общая рабочая частота компрессора, Гц	Рабочая частота, Гц
		Инвертор (CM1)
FDCP224HKXRE2A (V) FDCP280HKXRE2A (V)	35–95	35–95

2. Работа отдельных компонентов в зависимости от рабочего режима кондиционера приведена табл. 7.3.6.

Таблица 7.3.7. Работа отдельных компонентов кондиционера

Режим / Компонент	Охлаждение		Вентиляция	Нагрев			Осушение
	Термостат ВКЛ	Термостат ВЫКЛ		Термостат ВКЛ	Термостат ВЫКЛ	Оттаивание	
Вентилятор внутреннего блока	По команде с пульта управления	По команде с пульта управления	По команде с пульта управления	По команде с пульта управления	Работает прерывисто[1]	ВКЛ→ВЫКЛ	ВКЛ/ВЫКЛ
Электронный ТРВ	В зависимости от частоты	Закрыт полностью	Закрыт полностью	В зависимости от частоты	Закрыт полностью	Открыт полностью	В зависимости от частоты
Компрессор	ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	ВКЛ/ВЫКЛ
Вентилятор наружного блока	ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ→ВЫКЛ	ВКЛ/ВЫКЛ
Двигатель дренажного насоса	ВКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВКЛ
Соленоидный клапан (20VU)	Открыт/закрыт	Открыт	Открыт	Открыт/закрыт	Открыт	Закрыт	Открыт/закрыт
Соленоидный клапан (20VF)	Закрыт/открыт	Закрыт	Закрыт	Закрыт/открыт	Закрыт	Открыт	Закрыт/открыт
Четырехходовой клапан (20SL, SS)	Определяется индивидуально						
Соленоидный клапан (SV1,L,S)	Определяется индивидуально						

[1] Если перемычка J3 замкнута, вентилятор внутреннего блока выключен.

3. Разгрузка компрессора при пуске

На протяжении 30 секунд после запуска компрессор работает с частотой от 5 до 35 Гц независимо от запрашиваемой частоты и переходит на полную мощность только после того, как значение частоты поднимается до 60 Гц.

4. Оттаивание

Начало оттаивание определяется одним из следующих условий:

- компрессор проработал 45 мин со времени предыдущего оттаивания или 30 мин с момента переключения на режим нагрева;
- прошло 5 мин после выключения и повторного включения компрессора;

IBIK

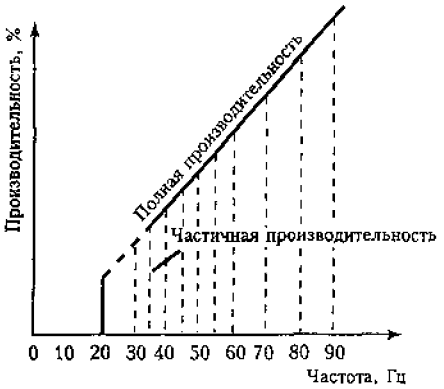


Рис. 7.3.22. Зависимость между частотой вращения и производительностью

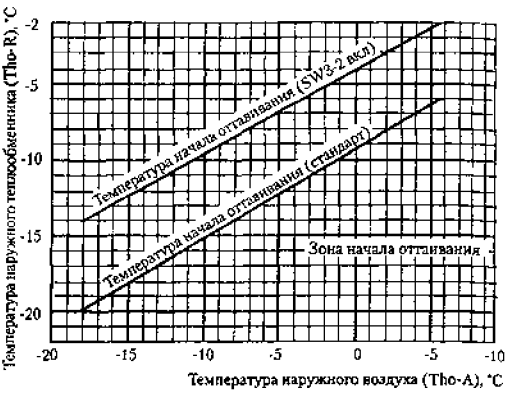


Рис. 7.3.23. Условия проведения оттаивания наружного блока компрессора

- прошло 5 мин после остановки вентилятора наружного блока;
- температура наружного теплообменника опускается ниже значения температуры, установленного заводом-производителем для начала оттаивания.

Условия начала оттаивания по температуре показаны на графике. Изменение зоны оттаивания осуществляется путем переключения тумблера SW3–2.

Оттаивание завершается при выполнении одного из следующих условий:

- температура наружного теплообменника поднимается до 20 °С;
- через 12 мин после начала оттаивания.

5. Антиснеговая защита

Если переключатель SW3-3 на печатной плате наружного блока находится в положении ON, то при падении наружной температуры ниже 3 °С каждые 10 мин будет включаться вентилятор наружного блока и работать с максимальной скоростью в течение 10 с.

6. Регулирование производительности компрессора

После запуска компрессор работает с частичной производительностью в течение 15 с и только после этого начинает выходить на запрашиваемую частоту.

1. Работа с полной производительностью: 35–95 Гц (интервал 5 Гц).
2. Работа с частичной производительностью: 35–45 Гц (интервал 5 Гц).

7. Защита при отклонении давления от допустимых пределов

Защита по высокому давлению включает в себя несколько функций (защита HP *, HP-A, HP-B и LP **), которые срабатывают в следующей последовательности: HP — HP-A — LP- HP-B.

* HP (High Pressure) — высокое давление.

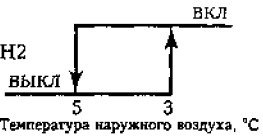
** LP (Low Pressure) — низкое давление.

IBIK

7.1. Защита HP

Если датчик высокого давления 63H2 срабатывает дважды за 45 мин, кондиционер выключается и активизируется функция самодиагностики:

- пульт управления: высвечивается код ошибки E40;
- внутренний блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный индикатор выключен;
- наружный блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный — мигает 3 раза.



7.2. Защита HP-A

При срабатывании датчика 63H2 вентилятор наружного блока начинает работать с максимальной скоростью (модели работы от A1 до C1, таблица 7.3.8) или останавливается (модели от C2 до E2). Частота инвертора снижается на 10 Гц. Если датчик все еще фиксирует превышение давления, частота продолжает уменьшаться по 10 Гц, пока не достигнет значения 35 Гц (частичная производительность).

Таблица 7.3.8. Состояние работы компонентов системы

Модель работы	4-ходовой клапан		Соленоидный клапан				Скорость двигателя вентилятора	
	20SS	20SL	SVS	SVL	SV2	SV3	FM01	FM02
A1	Закрыт	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Открыт	Высокая	Высокая
A2	Закрыт	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Открыт	Высокая	ВЫКЛ
B1	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Открыт	Высокая	Высокая
B2	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Открыт	Высокая	ВЫКЛ
B3	Закрыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Закрыт	Средняя	ВЫКЛ
C1	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Открыт	Открыт	Высокая	Высокая
C2	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Закрыт	Закрыт	Средняя	ВЫКЛ
D1	Открыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Закрыт	Средняя	ВЫКЛ
D2	Открыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Открыт	Высокая	ВЫКЛ
D3	Открыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Закрыт	Открыт	Высокая	Высокая
E1	Открыт	Открыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Открыт	Высокая	ВЫКЛ
E2	Открыт	Открыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Открыт	Высокая	Высокая

Когда давление снижается до допустимого значения, частота инвертора начинает увеличиваться на 5 Гц каждые 3 мин, пока система не вернется в нормальный режим работы.

7.3. Защита LP и HP-B

В данном случае высокое и низкое давление регулируется с помощью соленоидных клапанов, вентилятора наружного блока и других компонентов. Выделяют 12 моделей работы, каждая из которых предусматривает определенное положение (функционирование) отдельных компонентов системы.

7.3.1. Защита LP

Когда срабатывает датчик низкого давления 63L (1,96 МПа — защита включается, 2,75 МПа — выключается), система начинает работать в соответствии с описанными моделями, начиная с A1 и заканчивая E2 (табл.7.3.8), повышая уровень давления за счет регулирования производительности.

IBIK

7.3.2. HP-B3 (режим снижения давления)

Когда срабатывает датчик давления 63H3 (2,50 МПа — защита включается, 2,11 МПа — выключается), система начинает работать в соответствии с моделями от E2 до A1, снижая уровень высокого давления за счет регулирования производительности.

7.3.3. HP-B4 (режим повышения давления)

Когда срабатывает датчик давления 63H4 (1,67 МПа — защита включается, 1,86 МПа — выключается), система начинает работать в соответствии с моделями от A1 до E2, увеличивая высокое давление за счет регулирования производительности.

8. Выбор рабочей модели

8.1. Выбор начальной рабочей модели

Модель работы определяется при запуске компрессора в зависимости от режима работы внутренних блоков.

Режим работы внутренних блоков	Рабочая модель
Работа всех блоков на охлаждение	A1
Работа большинства блоков на охлаждение	A1
Работа половины блоков на охлаждение, половины — на нагрев	B1
Работа большинства блоков на нагрев	C2
Работа всех блоков на нагрев	D1

8.2. Смена рабочей модели

Модели работы изменяются по мере срабатывания датчиков давления (63L, 63H3, 63H4). При переходе на новую модель система работает в течение 2 мин в соответствии с параметрами, предусмотренными данной моделью. Однако, если в это время срабатывает один из датчиков, система переходит к следующей рабочей модели.

8.3. Смена рабочей модели при переключении режимов

При переключении режима работы системы (например, большинство блоков переключаются с нагрева на охлаждение или наоборот) модель изменяется, как показано в таблице ниже:

Режим работы	Модель работы
Переход с нагрева на охлаждение	A1
Переход с охлаждения на нагрев	D3

9. Охлаждение компрессора

Соленоидный клапан SV1 закрыт во всех режимах работы кондиционера и открывается только при срабатывании одной из систем защиты.

IBIK

Работа	Положение SV1
Нормальная работа	Закрыт
Контроль температуры картера компрессора	Открыт/закрыт[1]
Контроль температуры нагнетания	Открыт/закрыт[1]

[1] Положение клапана определяется в зависимости от величины температуры.

10. Управление рабочей частотой компрессора

Если хоть один внутренний блок на протяжении 6 мин запрашивает максимальную производительность, рабочая частота компрессора повышается на 10 Гц. После этого частота продолжает увеличиваться на 10 Гц каждые 6 мин, однако не более чем на 30 Гц.

11. Защита при переключении режимов

При переключении одного из блоков с режима охлаждения (включая автоматический режим), осушки или вентиляции на режим нагрева и наоборот происходит следующее:

11.1. При работающем компрессоре:

1. На протяжении 2 мин 45 сек кондиционер продолжает работать в режиме, в котором он работал до переключения режимов.
2. Четырехходовой клапан (20SL, 20SS) переключается через две минуты после остановки компрессора.
3. Компрессор стоит 3 минуты, после чего начинает работать по следующему алгоритму:

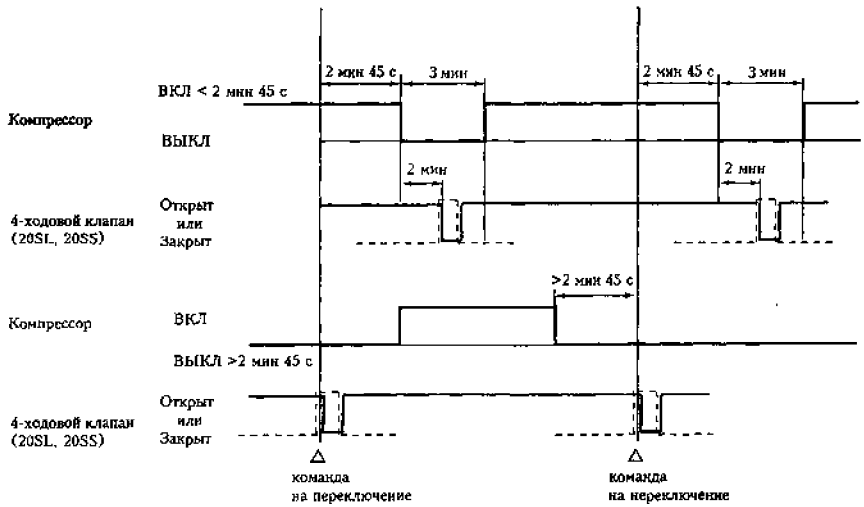


Рис. 7.3.24. Циклограмма переключения 4-ходового клапана

11.2. Компрессор был отключен на протяжении 2 мин 45 с и более:

1. Переключение режимов происходит без задержки.
2. Компрессор и четырехходовой клапан работают, как описано в п. 11.1.

11.3. Компрессор был отключен менее 2 мин 45 с:

1. Переключение режимов произойдет после того, как компрессор простоит 2 мин 45 с.
2. Компрессор и четырехходовой клапан работают, как описано в п.11.1.

12. Защитные и контрольные функции

12.1. Тестовый режим

Тестовый режим запускается с помощью переключателей SW3-4, 5 на печатной плате наружного блока. Максимальная частота при работе в тестовом режиме — 95 Гц.

Таблица 7.3.9. Включение тестового режима

Переключатели		Функция
SW3-4	ON	Управление всеми подсоединенными блоками Работа наружного блока с максимальной частотой при поступлении запроса с внутренних блоков
	OFF	Нормальная работа
SW3-5	ON	При SW3-4 в положении ON: Режим охлаждения
	OFF	При SW3-4 в положении ON: Режим нагрева

12.2. Защита терморегулирующих вентилей от накопления масла

Если компрессор начинает работать сразу после включения питания или общее время его работы составляет 10 ч, начинается очистка терморегулирующих вентилей от накопившегося в них масла. При этом отключаются компрессор, термостат, вентиляторы и по очереди начинают открываться терморегулирующие вентили внутренних блоков с интервалом в 4 мин. Если кондиционер работает в режиме охлаждения или осушения, вентили удерживаются открытыми в течение 1 мин, если в режиме нагрева — в течение 4 мин.

12.3. Защита при превышении высокого давления

Если датчиком 63H2 фиксируется превышение допустимого значения давления, частота компрессора снижается на 10 Гц, и отключается вентилятор наружного блока. Компрессор работает с такой частотой на протяжении 3 мин, после чего переходит в нормальный режим работы (частота увеличивается на 5 Гц в секунду). Датчик 63H2 при давлении 2,84 МПа отключает систему, при 2,26 МПа — включает.

12.4. Контроль температуры нагнетания

Если температура нагнетания (перегретый пар на выходе компрессора) превышает допустимое значение (датчик Tho-D), срабатывает соленоидный клапан SV1, и частота компрессора начинает снижаться.

Температура (датчик Th0-D)	Алгоритм работы
>115 °C	Соленоидный клапан SV1 открыт (закрывается при снижении температуры до 108 °C); ТРВ внутреннего блока открыт на 5 %
>120 °C	Частота снижается на 10 Гц каждые 2 мин
>130 °C	Аварийное выключение кондиционера

Если в течение 2 с фиксируется температура более 130 °С, компрессор останавливается и запускается повторно только при снижении температуры до 90 °С.

Если датчик температуры нагнетательного патрубка срабатывает дважды за 60 мин или на протяжении 60 с удерживается температура выше 130 °С (включая время остановки компрессора), происходит аварийное выключение кондиционера.

Кондиционер перезапустится только в том случае, если на протяжении 45 мин после срабатывания датчика температура не будет превышать 90 °С. Чтобы сбросить индикацию ошибки, необходимо выключить и снова включить питание.

12.5. Защита компрессора в пусковом режиме

После запуска компрессор работает с частотой 35 Гц, затем в течение 15 с — с частотой 60 Гц, и только после этого выходит на заданную частоту.

Если запрашиваемая частота превышает 65 Гц, то компрессор в течение 1 мин 45 с работает с частотой 65 Гц, а затем переходит на запрашиваемую. Однако при первом запуске или при запуске после 6-часовой остановки скорость вращения компрессора увеличивается постепенно — на 5 Гц в минуту на протяжении 13 мин.

12.6. Задержка запуска компрессора

Если инверторный компрессор был остановлен по команде термостата, из-за сбоя в системе и пр., его невозможно будет запустить в течение 3 минут после остановки. Однако таймер не сработает, если выключить и снова включить питание.

12.7. Проверка подогрева картера компрессора

Если время, прошедшее со времени включения питания, составляет менее 6 ч, то при включении кондиционера он будет работать с постепенным увеличением производительности в соответствии с диаграммой (рис. 7.3.25).

Кондиционер запустится повторно по этой же циклограмме, если время между его остановкой и повторным запуском составит менее 33 мин.

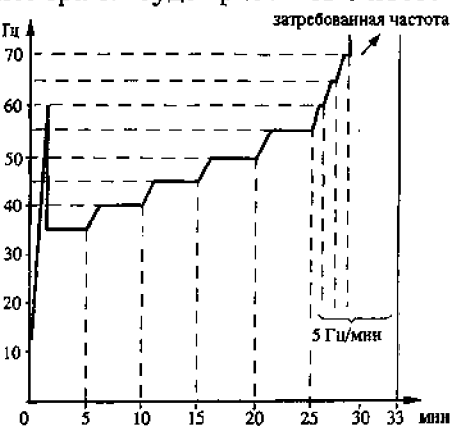


Рис. 7.3.25. Выход кондиционера на режим при прогреве компрессора менее 6 ч

12.8. Защита при обрыве фазы

Если на вторичной стороне пускателя 52С напряжение будет равно нулю, произойдет аварийное выключение кондиционера и сработает функция самодиагностики:

- пульт управления: высветится код ошибки Е34;

- внутренний блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный индикатор выключен;
- наружный блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный мигает 2 раза.

12.9. Проверка рабочего тока

Проверка рабочего тока системы осуществляется автоматически. Если фиксируется превышение его допустимого значения, рабочая частота начинает снижаться с интервалом по 5 Гц до 35 Гц (частичная производительность).

Инвертор работает с частотой 35 Гц в течение 3 мин и, если значение тока продолжает оставаться в недопустимых пределах, выключается. Если величина тока опускается до допустимого значения, система возвращается к нормальному режиму работы.

12.10. Защита от превышения рабочего тока

Если фиксируется значение тока, превышающее допустимое значение, инвертор останавливается и запускается повторно через 3 мин. После перезапуска инвертор начинает работать с частотой 35 Гц, увеличивая ее на 5 Гц каждые 3 мин. Если превышение тока определяется четыре раза за 15 мин, кондиционер выключается и срабатывает функция самодиагностики:

- на пульте управления: высветится код ошибки E42;
- внутренний блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный индикатор выключен;
- наружный блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный мигает 4 раза.

12.11. Защита силовых транзисторов от перегрева

Если температура силового транзистора превышает допустимое значение, инвертор останавливается и перезапускается автоматически через 3 мин. Если на протяжении последующих 2 ч будет зафиксировано повторное превышение температуры, инвертор остановится, произойдет аварийное выключение кондиционера и сработает функция самодиагностики:

- пульт управления: высветится код ошибки E41;
- внутренний блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный индикатор выключен;
- наружный блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный мигает 4 раза.

12.12. Проверка количества подсоединенных внутренних блоков

Если количество подсоединенных внутренних блоков превышает допустимое значение (см. таблицу ниже), кондиционер выключится и сработает функция самодиагностики:

- пульт управления: высветится код ошибки E43;

- внутренний блок: зеленый индикатор мигает, красный индикатор выключен;
- наружный блок: зеленый индикатор мигает постоянно, красный мигает 7 раз.

Модель	Количество внутренних блоков
FDCP224HKXRE2A 244HKXRE2V	12
FDCP280HKXRE2A 280HKXRE2V	16

12.13. Защита от обмерзания при работе в режиме охлаждения

Если температура внутреннего теплообменника (датчик Th1-R) опускается ниже 3 °С, начинает снижаться производительность компрессора (закрывается ТРВ).

Если на протяжении 2 мин температура теплообменника остается менее 2 °С, термостат выключается и кондиционер начинает работать в режиме вентиляции. Работа кондиционера на охлаждение возобновляется, когда температура повышается до 16 °С.

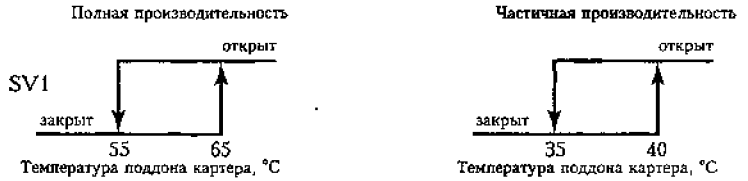
Однако защита от обмерзания не срабатывает первые 10 мин после включения термостата.

Если на протяжении часа температура теплообменника равна 2 °С и ниже, компрессор останавливается на 3 мин.

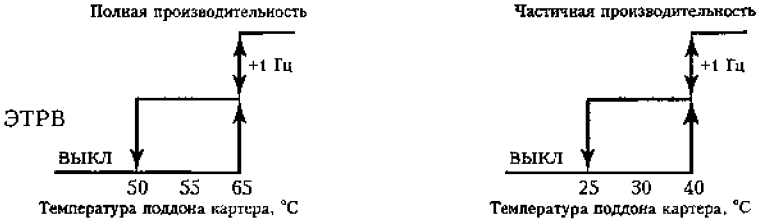
12.14. Управление температурой картера компрессора

Температура картера определяется датчиком Tho-C и регулируется с помощью соленоидного клапана (SV1) и электронного ТРВ.

1. Регулирование температуры с помощью соленоидного клапана



2. Регулирование температуры с помощью электронного ТРВ



7.4. МНОГОЗОНАЛЬНЫЕ ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫЕ КОНДИЦИОНЕРЫ С МЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ КОМПРЕССОРА (СИСТЕМЫ GHC-HMT)

7.4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДИЦИОНЕРОВ GHC-HMT

В ряде случаев необходимо организовать систему вентиляции и кондиционирования на объектах с ограниченным энергоснабжением. Это дачные коттеджи, здания в горных районах и других местах, где допустимая мощность линии энергоснабжения составляет на один объект 3–5 кВт.

На таких объектах, как правило, устанавливают дизель-генераторы, которые используют дизельное топливо или газ. Дизель-генератор представляет собой двигатель внутреннего сгорания (ДВС), который приводит во вращение генератор. Генератор вырабатывает переменный ток, используемый для создания вращательного движения двигателя компрессора кондиционера.

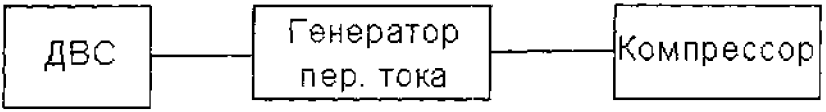


Рис. 7.4.1. Привод компрессора кондиционера с двигателем внутреннего сгорания

Каждая из этих составляющих имеет свой КПД. Общий КПД равен произведению КПД всех составляющих, в результате чего 50–60 % первичной энергии (топлива) теряется.

Фирма Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. разработала многозональную систему кондиционирования воздуха типа GHC-HMT, в которой компрессор приводится во вращение непосредственно двигателем внутреннего сгорания. Благодаря этому из цепочки (рис. 7.4.1) исключается генератор и двигатель компрессора и тем самым увеличивается общий КПД системы. Напряжение переменного тока необходимо только для питания электронной системы управления и внутренних блоков.

В таблице 7.4.1 приведены данные по потребляемой электроэнергии компрессорно-конденсаторных блоков многозональной системы FDCJ280HKXE2 и многозональной системы с механическим приводом компрессора GHCP560HMTE4.

IBIK

Таблица 7.4.1. Параметры систем FDCJ280HKXE2 и GHCP560HMTE4

Параметр	Единица измерения	FDCJ280HKXE2	GHCP560HMTE4
Холодопроизводительность	Вт	28 000	56000
Теплопроизводительность	Вт	31 500	67000
Рабочий ток	А	19,3–22,0	1,62–1,9
Пусковой ток	А	70	19
Потребляемая мощность	кВт	11,4–13,4	1,18–1,62
Количество внутренних блоков	шт.	2–16	1 20

Из таблицы 7.4.1 видно, насколько эффективно можно использовать кондиционер GHCP560HMTE4 в местности с ограниченным энергопотреблением. Необходимая электрическая энергия заменяется энергией двигателя внутреннего сгорания, работающего на природном газе.

Таблица 7.4.2. Технические характеристики многозональных систем с механическим приводом компрессора

Параметр	GHCP450HMTE4	GHCP560HMTE4
Производительность, Вт		
в режиме охлаждения	45000	56000
в режиме нагрева	53000	67000
Мощность двигателя внутреннего сгорания, кВт		
в режиме охлаждения	44,3	54,6
в режиме нагрева	41,5	51,9
Тип двигателя	Четырехцилиндровый, четырехтактный	
Тип топлива	Природный газ	
Скорость вращения двигателя, 1/мин	890–2375	
Запуск	стартерный	
Диаметр фреоновой магистрали, мм (дюйм)		
жидкость	15,88 (5/8″)	19,05 (3/4″)
газ	34,92 (1 3/8″)	38,1 (1 1/2″)
Компрессор	GR5445HVR	GR5453HVR
Охладитель двигателя	Этиленгликоль 50 % температура замерзания –22 °С	
Хладагент	R407C	
Масса хладагента, кг	17,5	18

7.4.2. КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ БЛОКИ КОНДИЦИОНЕРОВ GHC-HMT

Гидравлическая схема кондиционера GHC-HMT приведена на рис. 7.4.2.

Газ для питания двигателя внутреннего сгорания поступает из баллонов или газопровода через управляемые вентили 20G1, 20G2 и регулятор давления.

IBIK

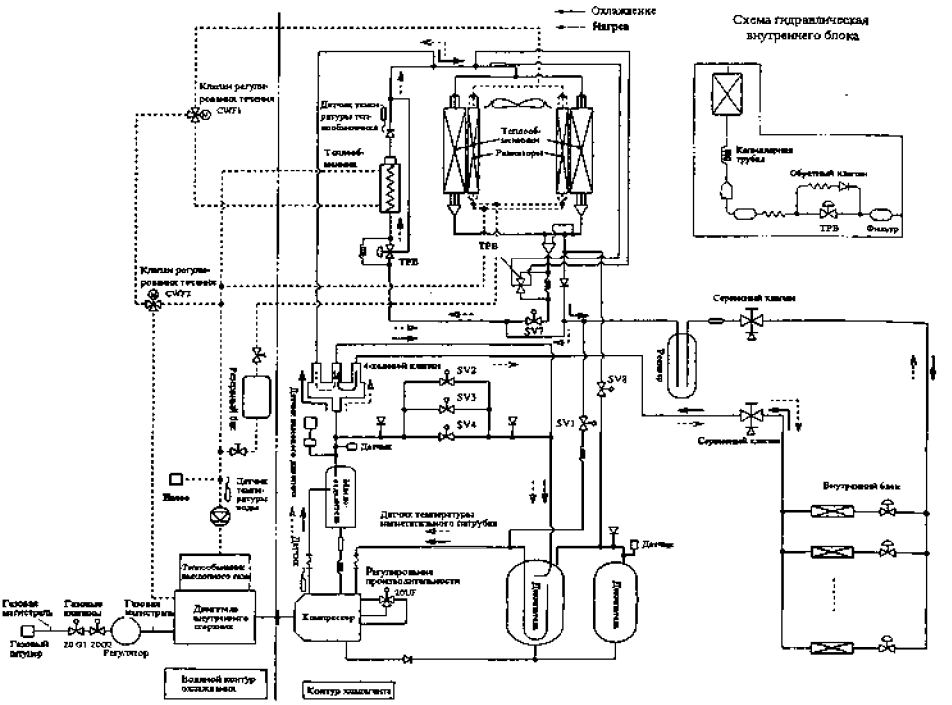


Рис. 7.4.2. Гидравлическая схема кондиционера GHC-HMT

Тепло, получаемое в процессе охлаждения ДВС, также используется для организации холодильного цикла компрессора. Отбор тепла от ДВС производится как от головки цилиндров, так и от глушителя (выхлопной трубы) с помощью жидкого теплоносителя (50 %-й раствор этиленгликоля).

При работе в режиме нагрева, когда на наружном пластинчатом теплообменнике низкая температура, горячая жидкость, полученная в результате охлаждения ДВС, используется для повышения температуры теплообменника. Это обеспечивает возможность работы в зимнее время в режиме нагрева при температуре наружного воздуха до −15 °С. При этом холодильный коэффициент кондиционера не изменяется (рис. 7.4.3).

В режиме охлаждения в компрессорно-конденсаторном блоке используется теплообменник с воздушным охлаждением. Вентилятор этого теплообменника также используется для охлаждения радиатора, в который поступает этиленгликоль, нагретый ДВС.

В режиме нагрева регулятором подачи является ТРВ наружного блока, в режиме охлаждения — электронные ТРВ внутренних блоков.

Циркуляция этиленгликоля в жидкостном контуре охлаждения ДВС осуществляется водяным насосом, а количество этиленгликоля, проходящее через пластинчатый теплообменник, регулируется трехходовыми

IBIK

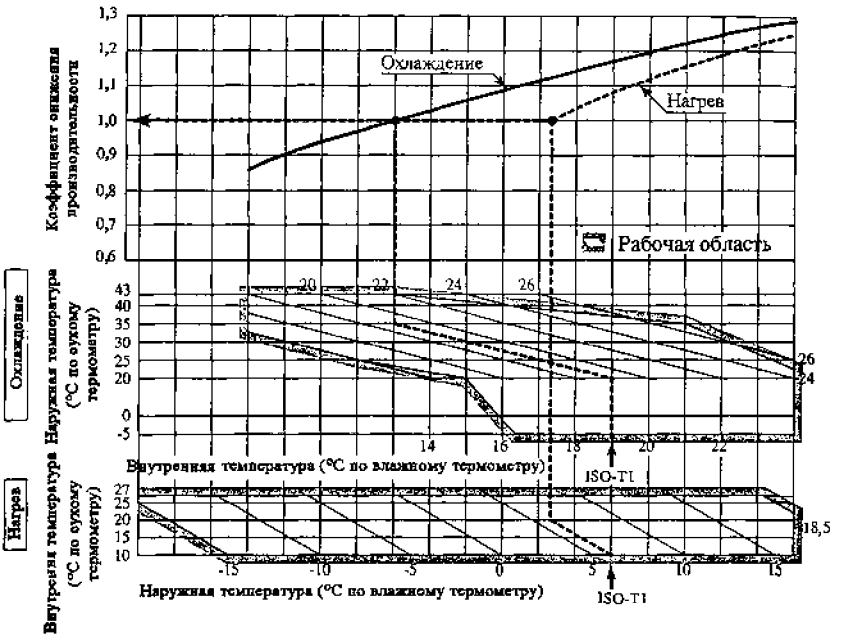


Рис. 7.4.3. Изменение производительности в зависимости от температуры

клапанами CWF1 и CWF2. Для обеспечения стабильной температуры этиленгликоля в водяном контуре имеется ресивер.

Регулировка производительности компрессора производится путем регулировки скорости вращения ДВС, а также трехходовым управляющим байпасным клапаном 20UF.

Клапаны SV2, SV3 и SV4 предназначены для байпасирования хладагента в процессе пуска компрессора.

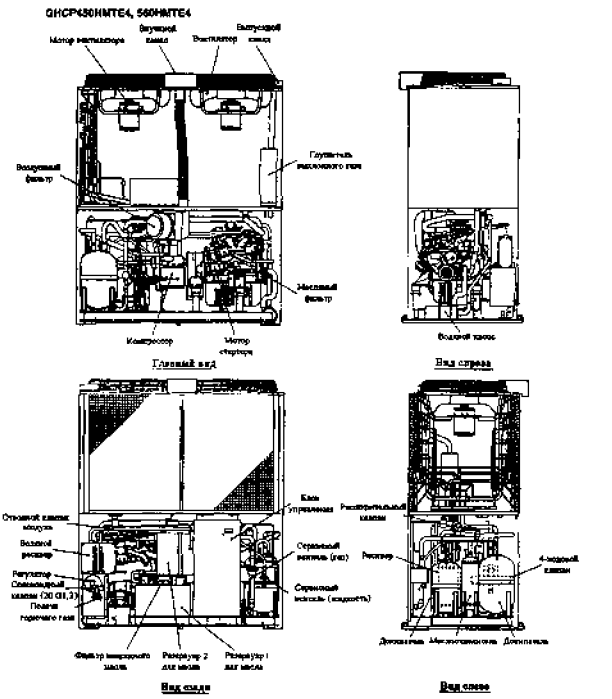


Рис. 7.4.4. Внешний вид компрессорно-конденсаторного блока GHC-HMT

7.4.2.1. ЗАПУСК ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Запуск ДВС производится командой "Пуск". После выдержки во времени подается питание на пускатель стартера 52S, запорные газовые клапаны 20G1 и 20G2 и реле зажигания XG1.

Скорость вращения стартера 300 $с^{-1}$. Время запуска составляет 100 мс. После запуска скорость вращения ДВС составляет 500 $с^{-1}$, а после выхода кондиционера на режим определяется затребованной частотой внутренних блоков.

После получения команды на выключение ДВС снимается питание с реле зажигания, закрываются запорные клапаны 20G1 и 20G2 и стартер включается 3 раза по 3 с с интервалом 2 с для продувки (удаления) газовой смеси из двигателя.

После стоянки ДВС более 168 ч (SW10–6 в положении ON) при запуске происходит следующее:

- ДВС работает на низкой скорости в течение 3 м;
- электромагнитные байпасные клапаны SV2, SV3 и SV4 открываются;
- вентилятор наружного блока выключен.

7.4.2.2. РАБОТА СОЛЕНОИДНЫХ КЛАПАНОВ

1. Соленоидные клапаны SV2, SV3 и SV4 (байпас перегретого пара) открываются при переустановке четырехходового клапана.
2. SV2 открывается при низкой наружной температуре.
3. SV1 и SV3 открываются при повышении давления нагнетания.
4. SV1 открывается при снижении температуры выхлопной трубы ДВС (датчик Td).
5. SV4 открывается при скорости компрессора менее 70 Гц (это не относится к режиму частичной нагрузки).
6. SV7 и SV8 регулируют производительность теплообменников наружного блока в режиме нагрева.

Таблица 7.4.3. Положение соленоидных клапанов при различных условиях

	Переустановка 4-ходового клапана	Низкая температура охлаждения	Датчик высокого давления (HPS)	модель 450 HPS $F^1 \leq 52{,}5$	модель 560 HPS $F^1 \leq 70$	Δt^2	$FK^1 \leq 70$	Наружная температура (нагрев)	Управление в интервале температур холодного воздуха
SV1	закрыт	закрыт	открыт	закрыт	закрыт	открыт	закрыт	закрыт	закрыт
SV2 (большой)	открыт (тип 560)	открыт (тип 560)	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	открыт (тип 560)
SV3 (средний)	открыт	открыт (тип 450)	закрыт	открыт	открыт	закрыт	закрыт	закрыт	открыт
SV4 (малый)	открыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	открыт/ закрыт	закрыт	открыт
SV7 SV8	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	закрыт	открыт/ закрыт	закрыт

[1] Общее значение требуемой частоты.

[2] Температура выхлопной трубы.

[3] Частота компрессора.

IBIK

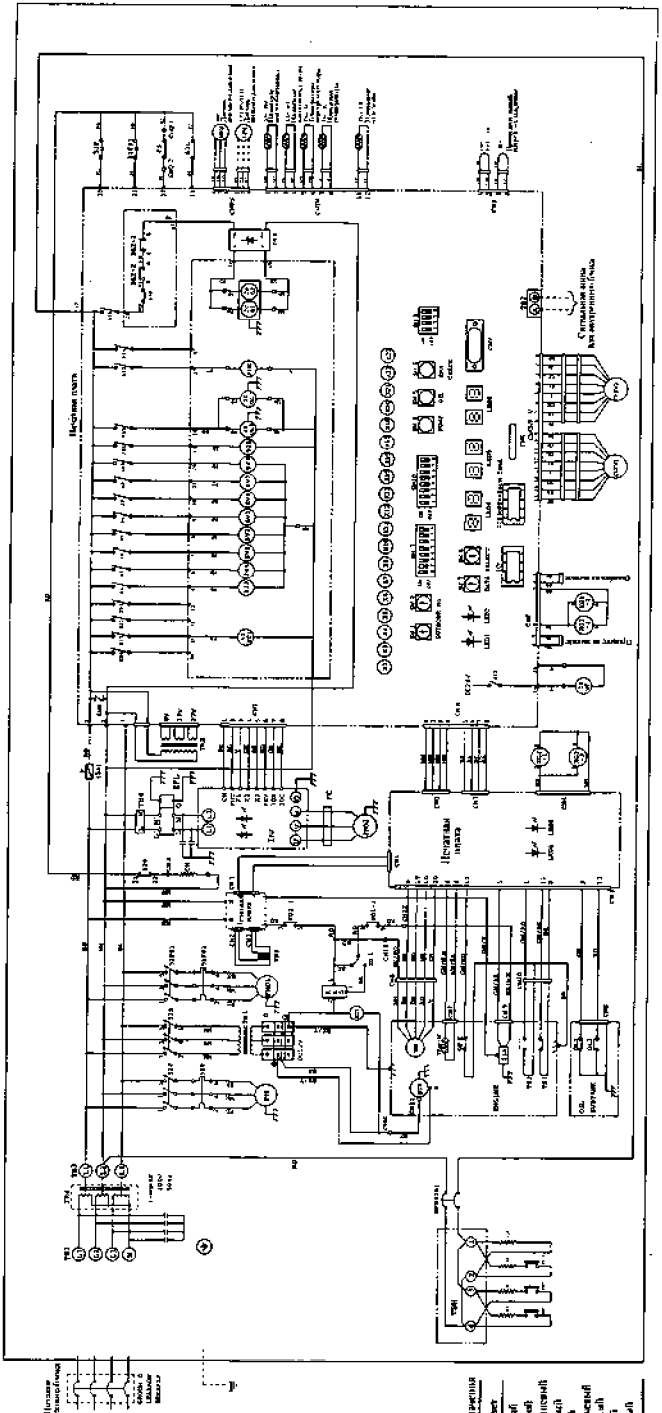


Рис. 7.4.5. Схема электрическая компрессорно-конденсаторного блока GHC-HMT

Обозначение	Название	Обозначение	Название
20G1, 20G2	Клапан на газовой магистрали	LED2	Индикатор состояния (зеленый)
20OL1, 20OL2	Клапан, регулнрующий подачу масла в ДВС	LED4-6	Сектор индикации (время/вращение/сбой)
20S	Четырехходовой клапан	LPS	Датчик низкого давления
20UF	Соленоидный клапан (регулировка производительности)	OL1,2	Датчик уровня масла в ДВС
51FO1	Токовое реле защиты двигателя вентилятора FM01	OPE	Датчик давления масла в ДВС
51P	Токовое реле защиты двигателя водяного насоса	PM	Двигатель водяного насоса
52FO1	Реле включения двигателя вентилятора FM01	REG	Регулятор пуска
52P	Реле включения двигателя водяного насоса	SM	Шаговый двигатель
52S	Реле включения ствртера	STR	Двигатель стартера
63H	Реле защиты по высокому давлению	SV1	Соленоидный клапан
63L	Реле защиты по низкому давлению	SV2, 3, 4	Соленоидный клапан (байпас горячего газа)
CH	Нагреватель картера компрессора	SV7	Соленоидный клапан (на входе теплообменника наружного блока)
CN	Соединитель (обозначение)	SV8	Соленондный клапан (байпас жидкости)
CnE	Выход для проверочного устройства ОЗУ	TB1	Клеммная колодка (питание)
CNG	Принудительный нагрев/охлаждение	TB2	Клеммная колодка (сигнал)
CNS	Ввод данных	TB6	Клеммная колодка (инвертор)
CnV	Проверочное устройство	TBH	Распредеяительная коробка (нагреватель)
CWFV1, CWFV2	Клапан регулирования потока охлаждающей воды	THS1	Биметаллический выключатель
D	Диод стартера	THS2	Биметаллический выключатель
ECU	Блок управленкя двигателем	THS3	Биметаллический выключатель
EFL	Помехоподавляющий фильтр	Tho-A	Термистор (наружная температура)
F	Плавкий предохранитеь (5А)	Tho-D	Термистор (температура перегретого пара)
FMO1, FMO2	Вентилятор ДВС	Tho-ET	Термистор (машинное отделение)
FC	Фильтр	Tho-MO	Термистор (нв выходе теплообменнка охлаждения воды)
FME	Вентнлятор	Tho-PI	Термистор (на входе насоса охлаждающей воды)
FS	Реле уровня охлаждающей воды	Tho-W	Термистор (температура воды на выходе двигателя)
HDF	Нагреватель дренажного фильтра	TR1	Трансформатор (стартер)
H1	Нагреааатель дренажной магистралн	TR2	Трансформатор (питание систем управлення)
H2	Нагреватель дренажной магистрали	TR3	Трансформатор (плата ДВС)
H3	Нагреватель дренажной магистрали	TR4	Трансформатор (400/200 В)
HPS	Датчик высокого давления	TS1, 2	Электронный ТРВ
IIA	Катушка зажигания	X1~23	Реле
INV	Инвертор двигателя вентилятора 02	XG1~3	Реле зажигания
LED1	Индикатор (красный)	ZNR	Варистор

7. SV2, SV3 и SV4 открываются по очереди, начиная либо с большего, либо с меньшего. 2 или 3 клапана не могут быть открытыми одновременно.

7.4.3. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНДИЦИОНЕРОВ GHC-HMT

1. Производительность внутренних блоков

Производительность подсоединяемых внутренних блоков может составлять от 50 % до 130 % от производительности компрессорно-конденсаторного блока.

IBIK

2. Частота вращения ДВС

Частота вращения ДВС определяется затребованной производительностью (частотой) внутренних блоков и может изменяться в пределах 890–2370 мин$^{-1}$. При этом частота вращения компрессора составляет:

для блока GHCP450HMTE4 — 10–200 Гц,

для блока GHCP560HMTE4 — 10–265 Гц.

В случае если общее значение затребованной частоты превышает максимальную возможную, то выдаваемое значение частоты пропорционально уменьшается на все внутренние блоки. При отключении всех термостатов (датчиков температуры) внутренних блоков или если затребованная частота будет меньше 5 Гц, кондиционер выключится.

Таблица 7.4.4. Диапазоны частот внутренних блоков

Модель / Разряд	Все модели								
	22	28	36	45	56	71	90	112	140
Затребованная частота (Гц)	10–15	10–20	10–25	10–25	15–30	15–40	15–50	35–60	35–70
Выданная частота (Гц)	5–15	5–20	5–25	5–25	5–30	5–40	5- 50	5–60	5–70

3. "Нечеткая" логика

В системе управления используется принцип "нечеткой" логики.

4. Принцип приоритетности

Выбор рабочего режима осуществляется по принципу приоритетности, аналогично кондиционерам типа КХ.

5. Работа вентилятора наружного блока

При работе в режиме охлаждения/нагрева скорость вентилятора наружного блока регулируется в зависимости от значения наружной температуры (определяется датчиком Tho-A) или в зависимости от запрошенной частоты.

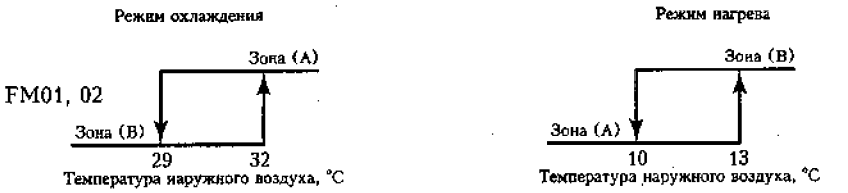
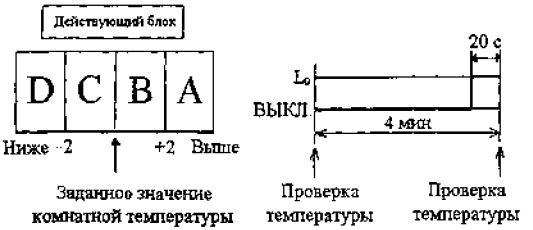


Таблица 7.4.5. Скорость вентилятора наружного блока

Параметр / Модель	Частота (Гц)	Скорость вентилятора наружного блока			
		Охлаждение		Нагрев	
		Зона (A)	Зона (B)	Зона (A)	Зона (B)
GHCP450HMTE4	10–75	3	3	3	3
	80–110	6	6	7	6
	115–200	7	7	7	7
GHCP560HMTE4	10–77,5	3	3	3	3
	80–110	9	6	7	6
	115–185	8	7	7	7
	190–265	9	8	7	7

IBIK



6. Режим осушения

При составлении алгоритма работы кондиционера в режиме осушения введено понятие диапазонов (блоков) температур, определяемых разностью между установленной температурой и температурой в помещении. Каждые 4 мин определяется диапазон и в соответствии с этим выбирается частота вращения компрессора.

Таблица 7.4.6. Работа кондиционера в режиме осушения

Параметр / Модель / Рабочий диапазон		A	B	C	D
Частота внутреннего блока (Гц)	22	10	10	10	0
	28	15	10	10	0
	36	20	15	10	0
	45	20	15	10	0
	56	25	15	15	0
	71	30	20	15	0
	90	40	25	15	0
	112	50	40	35	0
	140	60	45	35	0
Компрессор		Общее значение частот подсоединенных блоков			
Электронный ТРВ внутреннего блока		Регулировка частоты			
Вентилятор внутреннего блока		Me	Lo	Lo	Lo→ВЫКЛ.
Вентилятор наружного блока		работает	работает	работает	работает

7. Режим "Hot Start" (Горячий старт)



Для предотвращения попадания холодного воздуха в помещение в начале процесса нагрева, оттаивания или при повторном нагреве вентилятор внутреннего блока изменяет скорость, как показано на диаграме.

8. Регулировка скорости вращения ДВС

Если не требуется резкое изменение числа оборотов ДВС, связанное с изменением требуемой частоты, скорость вращения ДВС регулируется пошагово с интервалом 2 с.

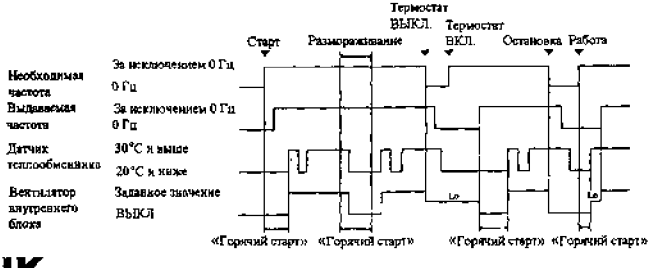


Рис.7.4.6. Циклограмма режима "Горячий старт"

IBIK

9. Режим пуска

При пусковом режиме кондиционера:

- ДВС работает со скоростью 1115 мин$^{-1}$;
- защита по высокому давлению и температуре нагнетательного патрубка блокируется;
- компрессор переключается в режим частичной нагрузки (клапан 20UF открыт);
- байпасные клапаны SV2, SV3 и SV4 открыты;
- через 3 с после поступления команды о нормальном запуске (скорость вращения ДВС более 500 мин$^{-1}$) компрессор переходит в режим полной нагрузки (клапан 20UF закрывается);
- если через 5 с после перехода на режим полной нагрузки скорость ДВС не достигнет 700 мин$^{-1}$, это рассматривается как неисправность. Повторный запуск произойдет через 7 с.

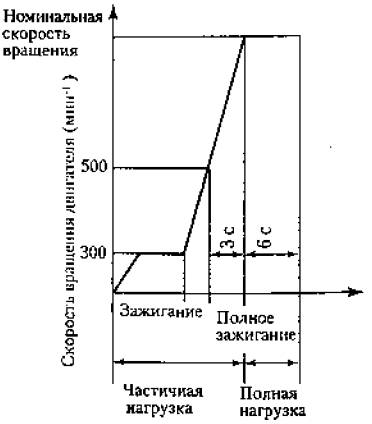


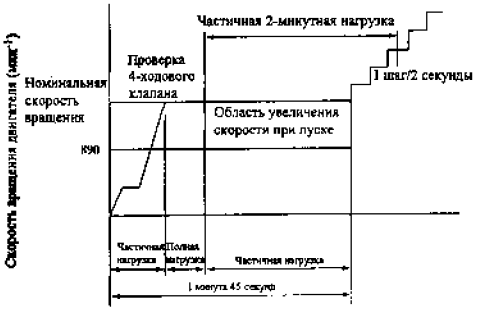
Рис. 7.4.7. Скорость вращения ДВС при запуске

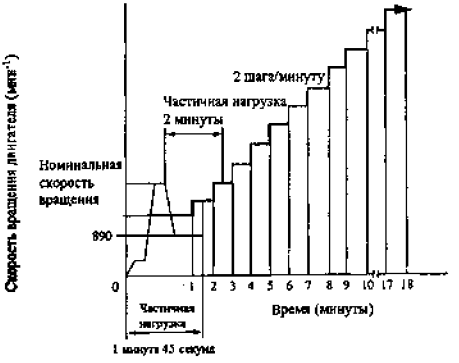
10. Защита компрессора при пуске

10.1. С целью защиты компрессора в пусковом режиме предусмотрена работа с частичной нагрузкой в течение 1 мин 45 с. После этого скорость вращения компрессора увеличивается пошагово каждые 2 с в течение 2 м.

10.2. При пуске компрессора после 6-часового прогрева скорость вращения увеличивается на 2 шага в минуту (после перехода на режим полной нагрузки) и длится 18 м.

10.3. Если время прогрева картера компрессора менее 6 ч, то скорость вращения компрессора увеличивается по циклограмме:





11. Режим прогрева ДВС

После запуска ДВС прогревается 5 м. В этот период кондиционер работает с частичной производительностью на скорости 1160 мин$^{-1}$. Прогрев длится до тех пор, пока температура этиленгликоля на выходе водяного насоса не поднимется до 55 °С.

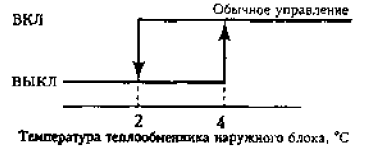
12. Работа кондиционера при температуре наружного воздуха до минус 5 °С

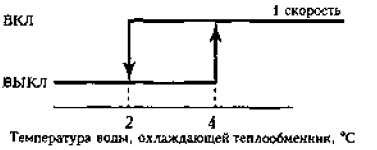
Для создания необходимой температуры конденсации в режиме охлаждения производится регулировка скорости вращения вентилятора наружного блока по температуре конденсации Tho-R и температуре наружного воздуха (датчик Tho-A).

При снижении температуры наружного воздуха до 22 °С и ниже регулировка скорости вращения вентилятора производится по датчику давления нагнетания (поддерживается давление 16,5 бар). При повышении температуры наружного воздуха свыше 22 °С вентилятор работает с максимальной скоростью.

Если температура наружного воздуха меньше 22 °С, а затребованная частота меньше 20 Гц, то открываются байпасные клапаны SV2 и SV3. При температуре наружного воздуха более 25 °С или затребованной частоте более 25 Гц байпасные клапаны закрываются.

В режиме нагрева скорость вращения вентилятора наружного блока определяется по температуре наружного воздуха и температуре воды, охлаждающей ДВС.





13. Защита при превышении нормы давления нагнетания

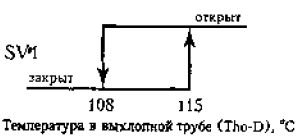
Если давление нагнетания достигнет величины 23 бар, то частота вращения компрессора начнет снижаться каждые 30 с.

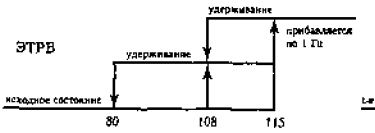
Если давление нагнетания достигнет величины 27 бар, откроется соленоидный вентиль SV1(охлаждение компрессора) и байпасный клапан SV3, а вентилятор наружного блока начнет вращаться с максимальной скоростью.

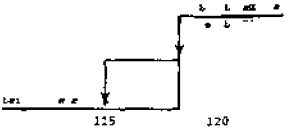
Если давление нагнетания увеличится до 28,5 бар, компрессор перейдет в режим частичной производительности (откроется клапан 20UF).

14. Регулировка температуры нагнетательного патрубка (перегретый пар)

Регулирование производится по датчику температуры нагнетательного патрубка Tho-D путем открытия клапана SV1, регулировкой ТРВ внутренних блоков и изменением скорости вращения ДВС.





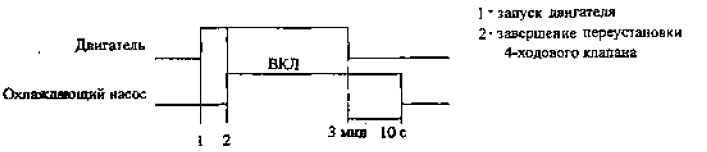


15. Работа охлаждающего насоса и вентилятора

Охлаждающий насос и охлаждающий вентилятор включаются и выключаются с помощью электромагнитного контактора (52P) насоса.

Насос включается при полном запуске двигателя и окончании переустановки четырехходового клапана.

После остановки ДВС насос остается включенным в течение 3 мин 10 с.



Насос запускается при включении переключателя (SW4) на печатной плате наружного блока.

Условия ручного запуска:

- наружный блок полностью остановлен;
- ручной запуск также используется после аварийной остановки (однако это не относится к неисправностям, которые связаны с перегрузками по току двигателя насоса, с охлаждением воды, противофазой или обрывом фазы, а также сбоями в системах охлаждающей воды);
- в процессе ручного управления клапаны регулирования потока охлаждающей воды (CWFCV1, CWFCV2) открываются и закрываются последовательно в порядке выпускания воздуха из системы охлажденной воды.

16. Индикатор загрязненности фильтра

Когда общее время работы кондиционера достигнет 600 ч, на дисплее пульта начнет мигать надпись "Filter". Чтобы сбросить индикацию, следует нажать кнопку "Filter reset" на пульте управления или выключить его, а затем снова включить.

Примечание. Эта функция не сработает, если не установлена перемычка J4.

17. Автоматический режим работы направляющих жалюзи "Auto Swing" (кроме моделей FDR, FDQM, FDUM, FDFM и FDFU)

Автоматический режим работы жалюзи устанавливается нажатием кнопки "Auto Swing" на пульте управления и выключается ее повторным нажатием. На дисплее пульта отображается угол расположения жалюзи. Жалюзи совершают 3–4 колебания в минуту, а изображение на дисплее меняется каждую секунду.

При нажатии кнопки "Auto Swing" изображение на дисплее фиксируется, а жалюзи продолжают двигаться, пока не достигнут положения, отображаемого на пульте. Предусмотрено 4 позиции остановки жалюзи. Однако если на печатной плате внутреннего блока отсутствует перемычка J2, то жалюзи остановятся сразу после нажатия кнопки "Auto Swing" и на дисплее пульта отобразится их действительное положение.

IBIK

При включении питания жалюзи совершают два колебания (без команды с пульта). Это является сигналом для микрокомпьютера, который в соответствии с положением жалюзи определяет режим работы двигателя.

При включении в режиме нагрева, независимо от того, был ли выбран режим автоматической работы "Auto Swing", жалюзи удерживаются в горизонтальном положении, что позволяет избежать поступления холодного воздуха. На дисплее отображается изначальное их положение.

18. Работа двигателя конденсатного насоса (только для моделей FDT, FDTW, FDTQ, FDTS, FDR, FDQM, FDUM)

При работе в режимах охлаждения или осушки двигатель конденсатного насоса запускается только после включения компрессора. После выключения кондиционера, термостата, переключения режимов работы с охлаждения или осушки на нагрев или вентиляцию насос продолжает работать еще в течение 2 мин.

Двигатель конденсатного насоса можно запустить принудительно, установив переключатель SW5-3, расположенный на печатной плате, в положение ON.

Во всех рабочих режимах уровень конденсата контролируется с помощью поплавкового реле уровня. При превышении допустимого уровня, или при разрыве электрической цепи кондиционер выключается. Если фиксируется превышение допустимого уровня конденсата, дренажный насос включается на 3 мин, а затем снова производится проверка уровня конденсата.

Алгоритмы работы двигателя конденсатного насоса

Компрессор	Режим работы внутреннего блока				
	ВЫКЛ	Охлаждение	Осушка	Вентиляция	Нагрев
ВКЛ		Алгоритм А			
ВЫКЛ		Алгоритм В			

Алгоритм А

Если фиксируется превышение допустимого уровня конденсата, работа кондиционера прекращается (высвечивается ошибка E9) и включается конденсатный насос.

Через 3 минуты производится повторная проверка уровня жидкости, и если он все еще выше нормы, насос продолжает работать. После устранения ошибки (повреждения) двигатель насоса выключается. Индикация ошибки отображается до сброса.

Алгоритм В

Если фиксируется превышение допустимого уровня конденсата, закрывается терморегулирующий вентиль и на 3 мин включается конденсатный насос, после чего снова проверяется уровень жидкости.

IBIK

Если уровень не понизился, высвечивается ошибка E9, и снова включается конденсатный насос, который работает до полного устранения неисправности. После этого регулирующий вентиль закрывается.

19. Очистка ТРВ от масла

Если кондиционер проработал 10 ч непрерывно, то для очистки дроссельного отверстия терморегулирующего вентиля от масла он на некоторое время полностью открывается. Открытие ТРВ внутренних блоков происходит последовательно по одному.

В режиме охлаждения и осушки ТРВ полностью открываются на одну минуту, а в режиме нагрева — на 4 мин.

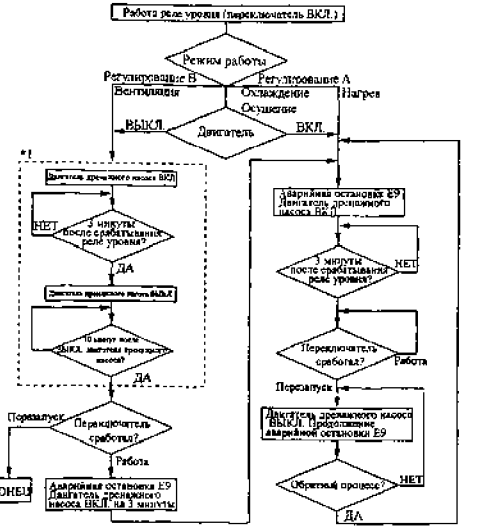
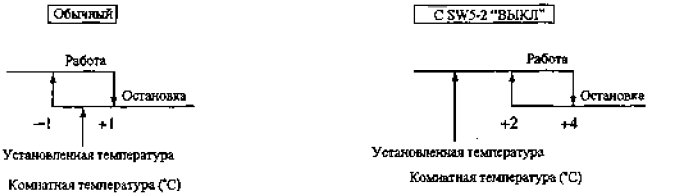


Рис. 7.4.8. Алгоритм работы конденсатного насоса

20. Регулирование комнатной температуры

При стандартной работе кондиционера комнатная температура определяется значением температуры, заданным пользователем.

Однако если внутренний блок установлен под потолком, теплый воздух поднимается вверх, из-за чего температура жилого пространства может оказаться ниже заданной. Чтобы этого избежать, следует перевести переключатели SW5-2, расположенные на печатной плате внутреннего блока, в положение ON. После этого кондиционер будет поддерживать температуру, на 3 °С превышающую заданное значение.



21. Защита внутреннего теплообменника от обмерзания в режиме охлаждения

Для предотвращения обмерзания теплообменника внутреннего блока при работе в режиме охлаждения измеряется его температура (датчик Th1-R). Если она опускается до 3 °С и ниже, то частота компрессора начинает снижаться. Если температура теплообменника будет 2 °С и ниже в течение 2 мин и более, то термостат выключится и кондиционер начнет работать в режиме вентиляции. Если в течение 2 мин после этого температура теплообменника поднимется до 16 °С и выше,

режим охлаждения возобновится, однако не раньше чем через 10 мин после выключения термостата. Если температура остановленного блока в течение 1 мин не превысит 2 °С, компрессор отключится на 3 мин, после чего возвратится к нормальной работе.

22. Антиснеговая защита

Если DIP-переключатель SW3-3 установлен в положение ON, то при температуре наружного воздуха менее 3 °С через каждые 10 мин будет включаться на 10 сек вентилятор наружного блока.

23. Регулирование процесса подачи масла в ДВС

Когда на контроллер наружного блока поступает сигнал от контроллера ДВС о том, что датчик уровня масла (OL1) срабатывает постоянно на протяжении 2 мин и 30 с, выполняются следующие операции:

- скорость двигателя уменьшается до минимального уровня (частичная нагрузка);
- клапаны подачи масла двигателя (20OL1, 2) открываются на 10 м, чтобы масло двигателя поступило в поддон.

При остановке двигателя, переведя переключатели SW3-4 в положение ON и нажав SW6 на 2 с, можно на 10 мин открыть клапан подачи масла в ДВС.

24. Регулирование частоты аращения двигателя в зависимости от температуры охлаждающей воды

Когда температура охлаждающей воды достигает 95 °С и более, происходит снижение частоты компрессора.

Пошаговое снижение частоты

Параметр \ Модель	GHCP450HMTE4	GHCP560HMTE4
Пошаговое снижение частоты, Гц	3	4

Если после снижения частоты температура охлаждающей воды находится в пределах от 85 °С до 95 °С, частота начинает снижаться каждые 30 с, пока не достигнет минимального значения в диапазоне частичной производительности.

Когда температура хладагента достигнет 85 °С, снижение частоты прекратится. Однако если температура охлаждающей воды будет 85 °С и ниже, вентилятор будет работать на максимальной скорости до тех пор, пока не завершится процесс снижения частоты, после чего вернется к нормальному режиму работы (исключая работу системы при низкой температуре наружного воздуха).

IBIK

25. Монтаж фреоновой магистрали, силового электропитания, сигнальной линии АВ, пультов управления, установка адресации блоков аналогичны кондиционерам типа КХ.

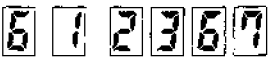
7.4.4. ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ КОНДИЦИОНЕРОВ GHC-HMT

1. Индикация кодов и значений параметров

Состояние элементов кондиционера, а также виды отказов и тип отказавшего элемента отображаются на блоке индикации, расположенном на наружном блоке (главная печатная плата). Блок индикации состоит из 7-сегментных цифровых светодиодных индикаторов, включающих функциональный блок и блок данных.

На функциональном блоке отображается код неисправности (ошибки) или условный номер измеряемого параметра. На блоке данных может отображаться код ошибки, значение измеренного параметра или состояние элемента (например, ВКЛ/ВЫКЛ).

При отказе на функциональном блоке высвечивается буква E (error), а на блоке данных — условный номер (код) отказа.

Пример 1. 

где 61 — условный номер параметра "скорость вращения двигателя".

2367 — значение скорости вращения двигателя, 2367 мин$^{-1}$.

Пример 2. 

где E48 — индикация кода неисправности: превышение допустимого значения тока вентилятора наружного блока.

Выбрать необходимый номер параметра и установить его на функциональном блоке можно с помощью переключателей SW7 и SW8 (табл. 7.4.7).

Таблица 7.4.7. Коды параметров и их значения

Индикация дисплея	SW7	SW8	Функциональный код	Данные	Диапазон данных	Минимальное значение
Производительность внутреннего блока 1	0	0	00-47	22	22–140	1
-//-						
Производительность внутреннего блока 20	1	9	00-47	140	22–140	
Частота, затребованная внутренним блоком 1	2	0	00-47	40	0–125	5
-//-						
Частота, затребованная внутренним блоком 20	3	9	00-47	50	0–155	

Продолжение **табл. 7.4.7**

Индикация дисплея	SW7	SW8	Функциональный код	Данные	Диапазон данных	Минимальное значение
Ответная частота внутреннего блока 1	4	0	00-47	50	0–155	1
- // -						
Выданная частота внутреннего блока 16	5	5	00-47	50	0–155	
Количество соединеиных внутренних блоков	5	6	56	15	0–20	1
Общая затребованная частота	5	7	57	200	0–1 000	5
Требуемая частота	5	8	58	195	0–265	5
Степень дросселирования	5	9	59	10	0–100	1
Общее количество часов работы двигателя	5	0	60	3000	0–9999	1
Скорость вращения двигателв	6	1	61	2200	0–3000	1
Номинальная скорость вращения двигателя	6	2	62	2150	0–2400	5
Компрессия частичиая/полная - остановка	6	3	63	F.P.-	«—» означает остановку	
Температура охлаждающей воды двигателя	6	4	64	60	-20–130	1
Наружная температура	6	5	65	35	-20–43	1
Температура в нагнетательном патрубке	6	6	66	100	-20–135	1
Температура воды, охлаждающей теплообменник	6	7	67	20	-35–75	1
Температура воды, охлаждающей насос	6	8	68	50	-20–135	1
Общее время работы двигателя	7	1	71	3000	0–9999	1
Общее время работы двигателя	7	1	1^3	0001	10000–32767	1
Количество включений	7	2	72	250	0- 9999	1
Количество включений	7	3	1^1	0001	10000–32 767	1
Скорость ДВС ($мин^{-1}$)	7	4	73	50	0–9999	1
Количество включенний	7	4	74	250	0–9999	1
Количество включенний	7	4	1^1	0001	10000–32767	1
Давление нагнетания (МПа)	7	9	79	2,31	0–3,00	0,01
Давление всасывания (МПа)	8	0	80	0,32	0–1,00	0,01
Температура в машинном отделении	8	1	81	35	-20–135	1
Частота, выданная внутреннему блоку 17	8	2	00-47	50	0–155	1
Частота, выданная внутреннему блоку 20	8	5	00-47	50	0–155	
Клвпан 1 регулирования расхода охлаждающей воды	8	6	86	250	0–850	1
Клапан 2 регулированнн	8	7	87	250	0–850	1
расхода охлаждающей воды						
Соленоидный клапан	6	9	69	0 0 0 1 — SV7 0:ВЫКЛ. 1:ВКЛ. — SV8 0:ВЫКЛ. 1:ВКЛ. — пусто		
Соленоидный клапан	7	0	70	0 0 0 1 — SV7 0:ВЫКЛ. 1:ВКЛ. — SV8 0:ВЫКЛ. 1:ВКЛ. — пусто		

IBIK

Продолжение табл. 7.4.7

Индикация дисплея	SW7	SW8	Функциональный код	Данные	Диапазон данных	Минимальное значение
Аварийная остановка 1	7	5	75	0 0 1 0 Вентилятор инвертора Срабатывание датчика высокого давления Температура в нагнетательном патрубке при аварии Пусто		
Аварийная остановка 2	7	6	76	0 0 0 1 Срабатывание датчика низкого давления Пусто Пусто Пусто		
Аварийная остановка двигателя 1	7	7	77	0 0 1 0 Пусто Превышение скорости двигателя Недостаточная скорость двигателя Авария шагового двигателя		
Аварийная остановка двигателя 2	7	8	78	0 1 0 0 Авария датчика температуры воды Авария переключателя уровня масла Авария полностью закрытого/открытого переключателя Гидравлическая авария переключателя		

[1] Если общее время повторений превышает 10 000, на функциональном дисплее отображается значение 10 000.

2. Тестовый режим

Для запуска тестового DIP-переключатели SW3-5 и SW3-6 необходимо установить в положение, как указано в таблице ниже:

Переключатель		Назначение
SW3-5	ON	Управление внутренними блоками производится с наружного блока. Частота компрессора максимальная. Производительность внутренних блоков максимальная
	OFF	Нормальная работа
SW3-6	ON	SW3-5 ON: Режим охлаждения
	OFF	SW3-5 OFF: Режим нагрева

Если через 5 минут на каком-либо внутреннем блоке температура теплообменника не снизится на 7 °С или более, то на индикаторе наружного блока и пульте управления высвечивается код ошибки.

3. Защита внутреннего теплообменника от обмерзания в режиме охлаждения

Для предотвращения обмерзания теплообменника внутреннего блока при работе в режиме охлаждения проверяется его температура (датчик Th1-R). Если она опускается до 3 °С и ниже, то частота компрессора начинает снижаться. Если температура теплообменника составляет 2 °С и ниже в течение 2 мин и более, то термостат выключается, и кондиционер начинает работать в режиме вентиляции. Если в течение 2мин

IBIK

после этого температура теплообменника поднимается до 16 °С и выше, режим охлаждения возобновляется, однако не раньше чем через 10 мин после выключения термостата. Более того, если температура остановленного блока на протяжении 1 мин не превышает 2 °С, компрессор отключается на 3 мин, после чего возвращается к нормальном работе.

4. Защита от превышения давления нагнетания

Если давление нагнетания превысит 30 бар дважды за 40 мин или в течение 40 мин давление не снизится ниже 24,5 бара, сработает защита и высветится код неисправности Е40.

5. Защита двигателя водяного насоса от превышения тока

При превышении тока двигателя насоса сработает аварийная защита. Через 3 мин произойдет перезапуск (код неисправности Е64-1).

6. Защита от превышения уровня охлаждающей жидкости ДВС

Если поплавковое реле постоянно срабатывает в течение 3 мин или более, происходит аварийная остановка кондиционера. Перезапуск произойдет через 3 мин (код неисправности Е64).

7. Защита вентилятора наружного блока от превышения тока

Если ток вентилятора наружного блока превысит допустимое значение, произойдет аварийная остановка (код неисправности Е48-1). Перезапуск произойдет автоматически через 3 минуты.

8. Защита при неисправности инвертора вентилятора наружного блока

Если в течение 40 мин дважды пропадет сигнал инвертора вентилятора наружного блока, произойдет аварийная остановка (код неисправности Е48-2). Перезапуск осуществится автоматически через 3 мин.

9. Защита при перегреве охлаждающей жидкости ДВС

Если температура охлаждающей жидкости превысит 95 °С, произойдет аварийная остановка. Охлаждение будет продолжаться, пока температура жидкости не снизится до 95 °С. Через 3 минуты произойдет перезапуск (код неисправности Е80).

10. Нарушение сроков технической профилактики ДВС

После отработки 8 000 часов произойдет остановка ДВС для профилактики. Для сброса суммарного рабочего времени необходимо установить переключатели SW7 и SW8 в положение 60 и удерживать переключатель SW5 нажатым до тех пор, пока показания на блоке данных не обнулятся.

Для отключения этого режима защиты необходимо установить переключатели SW9-2 и SW9-4 в положение ON.

11. Защита при превышении температуры в машинном отделении (датчик температуры Tho-ET)

Если в машинном отделении в течение 4 с температура будет превышать 80 °С, двигатель остановится. При снижении температуры до 60 °С двигатель перезапустится после 3-минутной задержки.

IBIK

Если в течение 60 мин дважды произойдет остановка и перезапуск ДВС или в течение 60 мин температура двигателя будет превышать 80 °С, произойдет аварийная остановка. В этом случае повторный запуск можно осуществить только выключив и повторно включив питание.

12. Защита при превышении нормы давления нагнетания

Если давление нагнетания достигнет величины 23 бар, то частота вращения компрессора начнет снижаться каждые 30 с.

Если давление нагнетания достигнет величины 27 бар, откроется соленоидный клапан SV1 (охлаждение компрессора) и байпасный клапан SV3, а вентилятор наружного блока начнет вращаться с максимальной скоростью.

Если давление нагнетания увеличится до 28,5 бара, компрессор перейдет в режим частичной производительности (откроется клапан 20UF).

13. Остальные коды и виды возможных неисправностей приведены в таблице 7.4.8.

Таблица 7.4.8. Коды неисправностей кондиционеров GHC-HMT

Код ошибки	Индикатор внутреннего блока		Индикатор наружного блока		7-сегментный дисплей наружного блока	Причина
	зеленый	красный	зеленый	красный		
Без индикации	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Выключен	—	Норма
	Выключен	Выключен	Выключен	Выключен	—	Нет питания, обрыв фазы, источник питания отключен
	Мигает постоянно	Мигает 3 раза	Мигает постоянно	Выключен	—	Неверно подсоединены провода X и Y на пульте управления. Если провод оборван при включенном питании, индикатор — выключен. Обрыв проводов пульта управления. (При повреждении провода X раздается звуковой сигнал, но индикация не отображается. При повреждении провода Z отсутствует как звуковой сигнал, так и индикация). Неверно подсоединены провода Y и Z на пульте управления
E1	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E1	На контактной колодке провода пульта управления подсоединены к выводам A и B. Сигнальные шины внешнего и внутреннего блоков соединены в форме петли. Неисправность микрокомпьютера внутреннего блока
	Выключен или [2] светится постоянно	Выключен или светится постоянно	Мигает постоянно	Выключен	E1	Неисправность печатной платы внутреннего блока
	Мигает постоянно	Мигает 3 раза	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E1	Неверно подсоединены провода на пульте управления (индикатор мигает). При включенном питании в этом случае индикатор не светится
E2	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E2	Неверно выбран номер адресации на внутреннем блоке. Подсоединено более 49 внутренних блоков

IBIK

Продолжение **табл. 7.4.8**

Код ошибки	Индикатор внутреннего блока		Индикатор наружного блока		7-сегментный дисплей наружного блока	Причина
	зеленый	красный	зеленый	красный		
E3	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен	Выключен	E3	Отключено питание наружного блока (определяется только в процессе работы)
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E3	Соответствующий номер адресации наружного блока не найден (определяется только в процессе работы)
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Мигает непостоянно	Выключен или светится постоянно	E3	Ошибка сигнальной шины наружного блока
E5	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E5	Ошибка передачи сигналов между наружным и внутренним блоками
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен или мигает	Мигает постоянно	E5	Неисправность микрокомпьютера наружного блока
	Мигает постоянно	Мигает 2 раза	Выключен	Мигает постоянно	E5	Сбой в питании наружного блока
E6	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	E6	Неисправность датчика температуры теплообменника внутреннего блока
E7	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	E7	Неисправность датчика выходного потока (внутренний блок)
E9	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	E9	Сработал поплавковый выключатель (если имеется)
E10	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E10	Если с помощью пульта управления осуществляется управление несколькими блоками, то количество блоков превышает максимально допустимое (свыше 17 блоков)
E11	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Выключен	E11	Адресация задана для нескольких пультов управления
E12	Мигает постоянно	Мигает 1 раз	Мигает постоянно	Выключен	E12	Неверно задана адресация. Использованы следующие комбинации:

№ наружного блока	№ внутреннего блока
0–47	48, 49
48, 49	0– 47

E28	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E28	Неисправность датчика температуры на пульте управления
E30	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E30	Неправильное соединение наружного и внутреннего блоков
E31	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E31	Неверно задана адресация для наружного блока
E32	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E32	Противофаза, обрыв фазы L3
E36	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E36	Температура нагнетания превышает норму
E37	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E37	Неисправность датчика температуры наружного теплообменника
E38	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E38	Неисправность датчика наружной температуры
E39	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	E39	Неисправность датчика температуры нагнетания

IBIK

Продолжение табл. 7.4.8

E40	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E40**	Сработал датчик высокого давления 63H1
E43	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E43**	Превышено допустимое количество подсоединенных блоков
E48	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E48-1**	Перегрузка по току двигателя вентилятора наружного блока
					E48-2	Ошибка передачи между инвертором и печатной платой наружного блока
E52	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E52**	Неисправность датчика насоса охлаждающей воды (Tho-PI)
E54	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E54**	Обрыв провода датчика высокого давления
E57	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E57**	Низкое давление (сработал датчик 63L).
E64	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E64-1**	Перегрузка по току двигателя охлаждающего насоса
					E64-2	Неисправность, связанная с уровнем охлаждающей воды
					E64-3	Неисправность в двигателе клапана 1 регулирования потока охлаждающей жидкости
					E64-4	Неисправность в двигателе клапана 1 регулирования потока охлаждающей жидкости
E80	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E80**	Неисправность, связанная с температурой воды двигателя
E81	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E81**	Неисправность, связанная с давлением масла в двигателе
E82	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E82**	Скорость двигателя выше допустимой
E83	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E83**	Скорость двигателя ниже допустимой
E84	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E84**	Сбой при пуске двигателя
E88	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E88-2**	Неисправность, связанная с уровнем масла в двигателе
					E88-3	Требуется проверка масла двигателя (проработал 8100 часов)
E89	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-1**	Неисправность, связанная с температурой в машинном отделении
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-2**	Ошибка передачи данных между контроллером двигателя и печатной платой наружного блока
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-3**	Неисправность датчика температуры машинного отделения
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-4**	Неисправность передачи данных от таймера аккумулятора двигателя
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-5**	Неисправность шагового двигателя
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-6**	Неисправность датчика температуры воды в двигателе
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-7**	Обрыва провода реле уровня масла в двигателе
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-8**	Сбой при включении/выключении реле уровня масла в двигателе
	Мигает постоянно	Выключен	Мигает постоянно	Мигает постоянно	**E89-9**	Неисправность реле давления масла/ сигнал от системы зажигания

Примечание: Проверить показания 7-сегментного дисплея (наружный блок) можно с помощью переключателя SW6.

IBIK

Микрокомпьютер выявляет неисправности электрических компонентов, включая неисправности самого микрокомпьютера, сбои в подаче питания и ошибки в контуре охлаждения (перегрузка и т. п.). Определить неисправность можно по коду ошибки, который отображается на дисплее пульта, а также с помощью индикаторов (зеленый и красный), расположенных на печатных платах наружного/внутреннего блоков. Код ошибки записывается в памяти микрокомпьютера. Впоследствии при нажатии кнопки "Check" (нажать и удерживать в течение 10 с) на дисплее пульта управления отображается код и номер блока, в котором была выявлена неисправность.

Индикатор на печатной плате инвертора (красный)	Причина
Мигает 1 раз каждые 8 с	Защита от превышения токов
Мигает 2 раза каждые 8 с	Защита от перенапряжения
Мигает 3 раза каждые 8 с	Защита от понижения напряжения
Мигает 4 раза каждые 8 с	Защита охлаждаемого объекта
Мигает 5 раз каждые 8 с	Электронное термореле
Мигает 6 раз каждые 8 с	Повреждение памяти микрокомпьютера. Сбой в работе центрального процессора

14. Индикация на печатной плате инвертора (красный индикатор)

При нажатии переключателя SW6 на 7-сегментном дисплее высвечивается информация о последних 5 неисправностях.

Пример: Код последней неисправности E81, предыдущих E40, E35, E88-2:

1) SW6 нажат	SW7, 8	E	81
2) SW6 нажат	SW7, 8	E	40
3) SW6 нажат	SW7, 8	E	36
4) SW6 нажат	SW7, 8	E	88-2
5) SW6 нажат	SW7, 8	E	-----

При повторном нажатии SW6 пункты с (1) по (5) высветятся снова.

В случае если в памяти сохранено менее пяти кодов, то будет высвечиваться следующая индикация:

E - - (как показано в п. 5).

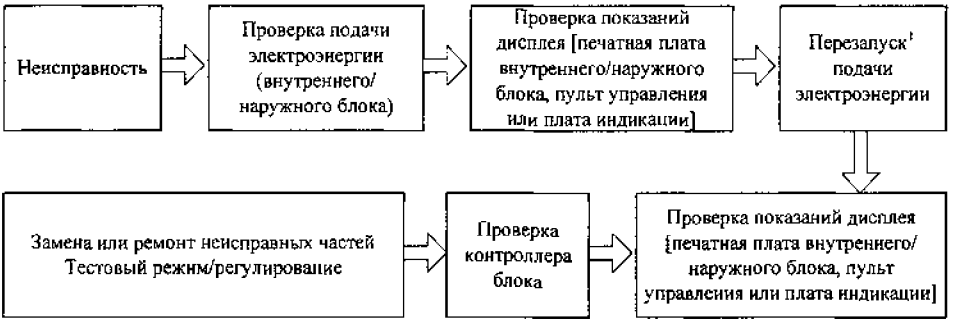
15. Выход из аварийного режима

Индикацию о неисправности, отображаемую на дисплее пульта управления, можно сбросить, выключив и снова включив пульт.

При аварийном перезапуске переключателя SW3-1 на 7-сегментном дисплее погаснут показания о неисправности и работа будет продолжаться в обычном режиме.

16. Диагностика неисправностей

При сбое следует произвести проверку системы в следующей последовательности.



[1] Примечание. Выключение и повторное включение питания позволяет устранить сбои в работе микрокомпьютера, которые возникли в результате перебоев электропитания или помех.

17. Функции DIP-переключателей

Название	Назначение
SW1	Установка адресации наружного блока (десятки)
SW2	Установка адресации наружного блока (единицы)
SW4	Выбор ручного управления насосом
SW5	Проверка качества масла
SW6	Проверка дисплея
SW7	Отображение номера блока на дисплее (десятки)
SW8	Отображение номера блока на дисплее (единицы)

Функции переключателя SW3

Название		Назначение
SW3-1	ВКЛ	Сброс индикации ошибки
	ВЫКЛ	Стандартное положение
SW3-2	ВКЛ	Не используется
	ВЫКЛ	
SW3-3	ВКЛ	Антиснеговая защита включена
	ВЫКЛ	Антиснеговая защита выключена
SW3-4	ВКЛ	Проверка соединений между наружным и внутренними блоками включена
	ВЫКЛ	Проверка соединений между наружным и внутренними блоками выключена
SW3-5	ВКЛ	Тестовый режим
	ВЫКЛ	Обычный режим
SW3-6	ВКЛ	Тестовый режим: охлаждение
	ВЫКЛ	Тестовый режим: нагрев
SW3-8	ВКЛ	Тестовый режим
	ВЫКЛ	Обычный режим

Функции переключателя SW9

Название		Назначение
SW9-1	ВКЛ	Тихий режим
	ВЫКЛ	Обычный режим
SW9-2	ВКЛ	Техническое обслуживание: через 4 000 часов
	ВЫКЛ	Техническое обслуживание: через 8 000 часов
SW9-3	ВКЛ	Принудительное охлаждение/нагрев
	ВЫКЛ	Обычный режим
SW9-4	ВКЛ	Проверка неисправности двигателя не производится
	ВЫКЛ	Проверка неисправности двигателя

Функции переключателя SW10

Название		Назначение
SW10-1	ВКЛ	
	ВЫКЛ	
SW10-5	ВКЛ	Хладагент: R407
	ВЫКЛ	Хладагент: R22
SW10-6	ВКЛ	
	ВЫКЛ	Обычный режим
SW10-7	ВКЛ	Не используется
	ВЫКЛ	Не используется
SW10-8	ВКЛ	Не используется
	ВЫКЛ	Не используется

SW10-2	SW10-3	SW10-4	Модель
ВЫКЛ	ВКЛ	ВЫКЛ	GHCP450HMTE4
ВКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	GHCP560HMTE4

18. Неисправности в двигателе внутреннего сгорания

Код ошибки : E84
7-сегментный дисплей: E84

Внутренний блок		Наружный блок	
Красный индикатор	Выключен	Красный индикатор	Мигает постоянно
Зеленый индикатор	Мигает постоянно	Зеленый индикатор	Мигает постоянно

Таблица 7.4.9. Неисправности в работе двигателя внутреннего сгорания

Функциональная система	Элемент	Причина	Характер неисправности	Фактор	Способ устранения
Электр. оборуд.	Стартер	Неисправность стартера	Механический дефект	Износ якоря	Проверка при разборке
			Электрический дефект	Износ щеток	
		Неисправность платы (блока)	—	—	Проверка работы
		Повреждение проводов	Электрический дефект	Обрыв провода	
				Плохой контакт разъема	
		Перебои электропитания	Электрический дефект	Неисправность выключателя	Проверка
				Неисправность трансформатора	
				Неисправность диода	
	Система зажигания	Повреждение платы блока электронного управления	Электрический дефект		Проверка работы
		Повреждение катушки зажигания	Электрический дефект	Повреждение первичной обмотки	Измерение сопротивления (норма: 1,2–1,5 Ом)
				Повреждение вторичной обмотки	Измерение сопротивления (норма: 7,7–10,4 кОм)
		Повреждение проводки	Электрический дефект	Обрыв провода	Проверка цепи
		Повреждение реле (G1-3)	Электрический дефект	Повреждение катушки	Проверка работы
		Плохой контакт	Электрический дефект	Плохой контакт	Проверка цепи
		Повреждение распределителя	Механический дефект	Износ поверхности распределителя	Поверка при разборке
			Электрический дефект	Падение напряжения	Измерение напряжения
				Плохой контакт	Проверка цепи
			Плохая настройка	—	Регулирование момента зажигания (угол опережения зажигания 20°/1200 мин$^{-1}$ и менее)
	Переключатели защиты	Неисправность шагового двигателя	Электрический дефект	Плохой контакт разъема	Проверка цепи
				Неисправность двигателя	
				Обрыв провода	
				Нет контакта в разъеме	
	Высоковольтный провод	Неисправность высоковольтного провода	Электрический дефект	Падение сопротивления высоковольтных проводов	Проверка сопротивления (норма: 25 кОм и менее)
				Повреждение контактов распределителя	Проверка площади контакта
				Спадание высоковольтных наконечников	Визуальная проверка
				Загрязнение высоковольтных наконечников	Визуальная проверка
	Разъем зажигания	Неисправность разъема зажигания	Дефектная деталь	Большой зазор	Измерение (норма: 0,4–0,9 мм)
				Загрязнение	Визуальная проверка
				Повреждение уплотнения кожуха цилиндра	Визуальная проверка

IBIK

Продолжение табл. 7.4.9

Функциональная система	Элемент	Причина	Характер неисправности	Фактор	Способ устранения
Газ	Вид газа	Неподходящий газ	—	—	Проверка вида газа
			Электрический дефект	Неисправность катушки	Проверка сопротивления
				Пробой изоляции	Проверка цепи
			Механический дефект	Неисправность основного клапана	Проверка работы
	Давление в газовой магистрали	Неисправность, связанная с давлением газа	—	Падение давления	Измерение давления
				Падение давления при запуске	Давление ниже уставки регулятора
	Главный клапан	Неисправность главного вентиля	Механический дефект	Засорение клапана	Проверка газового потока
				Запирание клапана	Проверка открывания клапана
	Смеситель	Неисправность смесителя	Механический дефект	Несоответствующая тяга	Проверка длины проводов
				Заклинивание заслонки	Проверка работы заслонки
	Счетчик микрокомпьютера	Неисправность счетчика микрокомпьютера	Механический дефект	Неисправность	Проверка вращения иглы счетчика
			Неисправность газовой системы	Медленная утечка	Визуальная проверка
				Пробой изоляции	
	Регулятор оборотов нуля	Неисправность регулятора оборотов нуля	Механический дефект	Несоответствие диаметра отверстия обводного трубопровода	Поверка при разборке
				Засорение отверстия обводного трубопровода	
Воздух	Смеситель	Плохое регулирование газовоздушной горючей смеси	Неправильная настройка	Неправильная настройка винта холостого хода	
				Неправильная настройка главного винта	
	Трубопровод	Резонанс газового потока	Механический дефект	Засорение	Визуальная проверка
Охлаждающая вода		Прокладка	Дефектная часть	Повреждение прокладки	Визуальная проверка объема воды в резервном баке
Загрузка (запуск)	Холодильный цикл	Повышенная загрузка	Механический дефект	Возможная потеря компрессии	Изменение количества оборотов, вибрация компрессора, повышенный шум двигателя
	Двигатель	Повышенная загрузка	Механический дефект	Термическое заклинивание детали (подшипника, поршня)	Изменение количества оборотов, вибрация, повышенный шум двигателя
		Понижение давления масла	Механический дефект	Неисправность масляного насоса	Понижение давления масла (норма: 0,03 МПа и более)
				Дефект масла: разнос качество (большая вязкость), вода, инородные материалы (загрязнение)	Выборочный анализ
		Понижение давления компрессии	Механический дефект	Износ поршневых колец	Измерение уровня понижения давления (норма: 0,9–12,5 МПа)
				Отложение наслоения впускного клапана	Проверка при разборке
				Отложение наслоения выпускного клапана	

Раздел 8

Системы кондиционирования воздуха с чиллерами

8.1. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТИ (ЧИЛЛЕРЫ)

Чиллером называют холодильную машину, предназначенную для охлаждения жидкого теплоносителя (вода, антифриз).

Охлажденная жидкость по трубопроводам с помощью насосной станции подается в конвекторные теплообменники, располагаемые в охлаждаемых помещениях. Такие теплообменники называют ***фанкойлами*** (fancoil).

Отличительной особенностью чиллера является пластинчатый теплообменник, в котором происходит теплообмен между двумя хладагентами: фреоном, циркулирующим в контуре холодильной машины, и жидкостью, циркулирующей в контуре охлаждаемых помещений. Пластинчатые теплообменники описаны в разделе 4.

Чиллер может работать как в режиме холодильной машины, так и в режиме теплового насоса. Если водяной контур частично располагается вне здания, то его заполняют незамерзающей жидкостью (антифризом). В качестве антифриза можно использовать, например, этиленгликоль с температурой замерзания –40 °С.

Для уменьшения расхода антифриза (если водяной контур имеет большой объем) создают промежуточный контур с дополнительным теплообменником. В этом случае в системе будет три контура (рис. 8.1.1):

- контур холодильной машины с фреоновым хладагентом — теплообменник "фреон–антифриз";
- промежуточный контур с антифризом — дополнительный теплообменник "антифриз–вода";
- водяной контур — теплообменник "вода–вода".

Такое построение системы позволяет для обогрева помещений использовать другие "горячие" источники: водяные нагревательные котлы или горячую воду центрального отопления.

IBIK

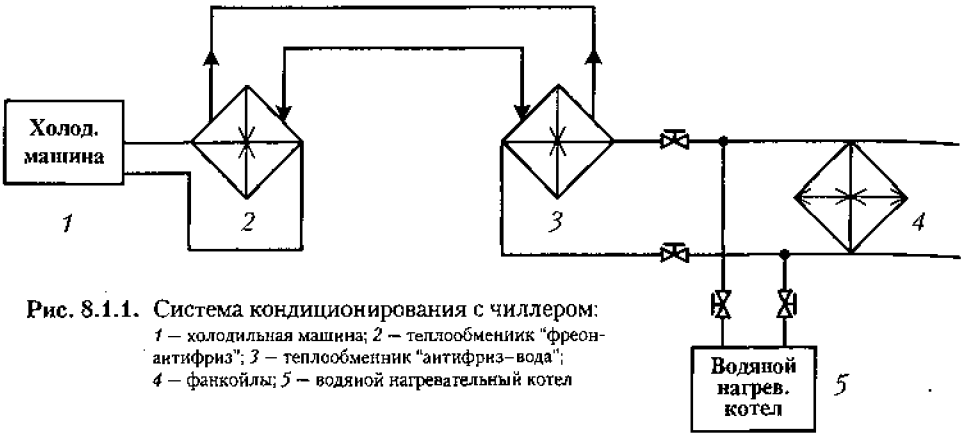


Рис. 8.1.1. Система кондиционирования с чиллером:
1 – холодильная машина; *2* – теплообменник "фреон-антифриз"; *3* – теплообменник "антифриз–вода"; *4* – фанкойлы; *5* – водяной нагревательный котел

Основные преимущества систем кондиционирования с чиллерами:

1. Нет ограничений по количеству подключаемых фанкойлов. Необходимо только, чтобы холодопроизводительность холодильной машины соответствовала суммарной производительности фанкойлов.
2. Нет ограничений по удалению холодильной машины от охлаждаемых помещений. Необходимо подобрать соответствующую насосную станцию.
3. Возможно постепенное наращивание количества фанкойлов.
4. Для обогрева можно использовать нагревательные котлы или горячую воду центрального отопления.
5. Уменьшается число отопительных батарей.

Недостатки систем кондиционирования с чиллерами:

1. Наличие многоконтурной системы усложняет процесс эксплуатации.
2. Из-за большого числа дополнительных элементов снижается надежность системы.
3. При нарушении герметичности водяного контура возможны повреждения отделки помещения.

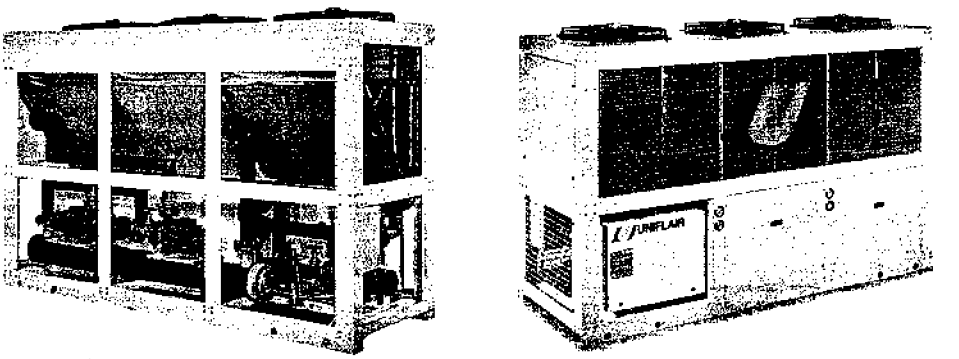


Рис. 8.2.1. Внешний вид чиллеров производства UNIFLAIR (Италия)

IBIK

Чиллеры имеют конденсаторы с воздушным или водяным охлаждением. Чиллеры с воздушным охлаждением могут быть выполнены в моноблочном исполнении или с выносным конденсатором.

Чиллеры в моноблочном исполнении включают в себя насосную станцию и автоматику. При монтаже к чиллеру подключаются только трубопроводы с теплоносителем.

Выносной конденсатор может обдуваться осевым вентилятором и устанавливаться на открытых местах.

Чиллеры с центробежным вентилятором обдува конденсатора предназначены для установки внутри помещения (чердаки, подвалы, технические этажи).

Чиллеры с водяным охлаждением конденсатора более просты и имеют меньшую стоимость, чем чиллеры с воздушным охлаждением. Однако для их использования требуется система оборотного водоснабжения или магистраль с выносным теплообменником.

8.2. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Для передачи охлажденной воды от чиллера к потребителю (фанкойлу) создают гидравлическую систему (насосную станцию). Насосную станцию можно приобрести комплектно или собрать ее из отдельных комплектующих изделий.

Одним из основных является вопрос оптимальной температуры жидкости на входе и выходе чиллера.

Повышение температуры воды на входе чиллера позволяет повысить температуру кипения хладагента, а это ведет к увеличению холодопроизводительности холодильной машины. Повышение температуры кипения на 1 К увеличивает производительность холодильной машины на 3–5 %.

В то же время повышение температуры воды, подаваемой в фанкойлы, приводит к уменьшению удельной производительности фанкойлов и, следовательно, к увеличению их габаритов и стоимости.

Производительность фанкойлов можно повысить, увеличивая расход воды, однако при этом необходимо ставить более мощную насосную станцию, что также увеличивает ее стоимость и эксплуатационные расходы.

Оптимальное значение температуры жидкости на выходе чиллера находится в пределах от 5 до 8 °С, а на входе — от 10 до 12 °С.

Максимальная температура охлаждающей воды на выходе составляет 12 °С, а минимальная — 4 °С. Расход жидкости в чиллере можно определить по формуле [1]:

IBIK

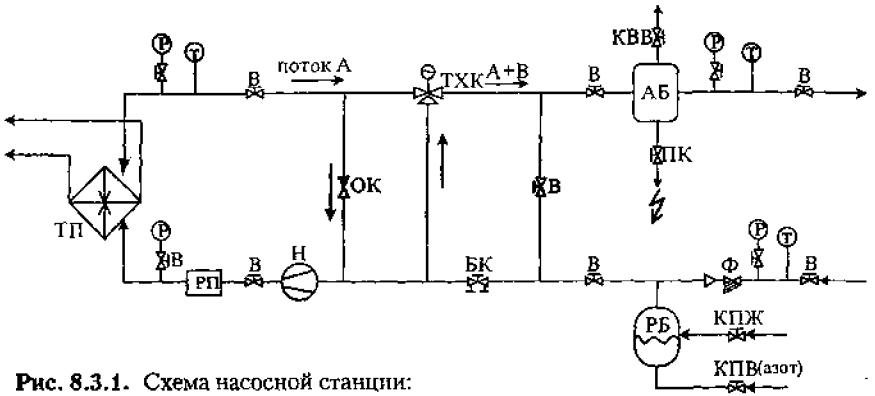


Рис. 8.3.1. Схема насосной станции:
Р – манометры; РБ – расширительный бак;
АБ – аккумулирующий бак;
РП – реле протока; Н – насос; БК – балансный клапан;
Ф – фильтр; ОК – обратный клапан; В – вентиль; Т – термометр;
ПК – предохранительный клапан; ТП – теплообменник "фреон–жидкость";
ТХК – трехходовой клапан; КПЖ – клапан подпитки жидкости;
КПВ – клапан подпитки воздуха; КВВ – клапан выпуска воздуха

$$G = 862\frac{Q_{чил}}{3600 \cdot \Delta t}\ , л/с, \qquad (8.3.1)$$

где $Q_{чил}$ – производительность чиллер, кВт;
Δt – перепад температуры, (Δt = 5 – 6 °С).

Общий объем воды в системе должен быть не менее 3,2 л на киловатт производительности чиллера.

Когда необходимо повысить точность поддержания температуры воды или когда чиллер должен работать при температуре окружающей среды ниже 0 °С, объем воды нужно увеличить до 6,0–10,0 л/кВт.

Гидравлическая схема подачи охлажденной жидкости от чиллера к фанкойлам насосной станции приведена на рис. 8.3.1.

Для повышения точности поддержания температуры в помещении в гидравлической системе устанавливают аккумулирующие баки. Емкость аккумулирующего бака может быть определена по формуле [1]:

$$V_{АБ} = \frac{8{,}65Q_{чил} - 0{,}21V_{п} - 1{,}2V_{сист}}{Z}\ , л, \qquad (8.3.2)$$

где $Q_{чил}$ – производительность чиллера, кВт;

$V_{п}$ – объем охлаждаемых помещений, м^3;

$V_{сист}$ – количество воды в системе, л;

Z – количество ступеней мощности чиллера.

IBIK

Если $V_{АБ}$ получится отрицательным, то аккумулирующий бак не устанавливают.

Для компенсации температурного расширения воды в гидравлической системе на всасывающей стороне насоса устанавливают расширительные баки.

Объем расширительного бака определяется по формуле [1]:

$$V_{р.б.} = \frac{V_{сист} \cdot k \cdot \Delta T}{1 - \frac{1 + P_{сист}}{1 + P_{пред}}}, \qquad (8.3.3)$$

где $V_{сист}$ — объем системы, л;

k — коэффициент объемного расширения жидкости (вода $-3{,}7 \cdot 10^{-4}$, антифриз $-(4{,}0–5{,}5) \cdot 10^{-4}$);

ΔT — перепад температуры жидкости (при работе только в режиме охлаждения $\Delta T = t_{окр} - 4$ °С; при работе в режиме теплового насоса $\Delta T = 60$°С $- 4$ °С $= 56$ °С);

$P_{пред}$ — настройка предохранительного клапана.

Давление в системе ($P_{сист}$) зависит от взаимного расположения насосной станции и конечного потребителя (фанкойла). Если насосная станция расположена ниже конечного потребителя, то давление ($P_{сист}$) определяют как максимальный перепад высот плюс 0,3 бара. Если насосная станция расположена выше всех потребителей, то $P_{сист} = 1{,}5$ бара.

Расширительный бак предварительно накачивается воздухом до давления на 0,1–0,3 бара меньше расчетного, а после монтажа давление доводится до нормы.

Конструкция расширительных баков показана на рис. 8.3.2.

Выпускаются расширительные установки (рис. 8.3.3), поддерживающие давление с водяной стороны в больших по объему системах отопления и кондиционирования. Установка оснащена свободно программируемым процессором и может быть подсоединена



Рис. 8.3.2. Конструкция расширительного бака:
1 – положение мембраны перед установкой (предварительная накачка воздухом на 0,1–0,3 бара); *2* — положение мембраны после подключения бака к сети; *3* — положение мембраны при температурном расширении жидкости

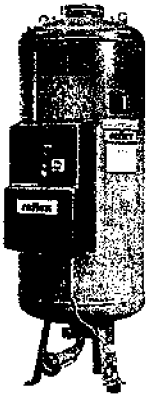


Рис. 8.3.3. Расширительная установка для систем отопления и кондиционирования

с помощью интерфейса к центральному пульту управления. Это значительно упрощает контроль над функционированием системы.

Технические характеристики:

1. Объем, л	200–5 000
2. Максимальное избыточное давление, бар	10,0
3. Максимальна температура,°С	120

Реле протока (РП) отключает холодильную машину при отсутствии потока жидкости, что предупреждает замерзание жидкости в теплообменнике (ТП). Трехходовой клапан смешивает два потока жидкости (А и В), поддерживая заданную температуру жидкости. Управляется трехходовой клапан микроконтроллером.

Конструкция трехходового клапана приведена на рис. 8.3.4.

В нижнем крайнем положении запорного конуса проход потоку В закрыт, в верхнем положении конуса закрыт проход потоку А. Для перемещения запорного конуса на весь ход от одного до другого крайнего положения подается управляющее напряжение питания на электропривод в диапазоне от 0 до 10 В.

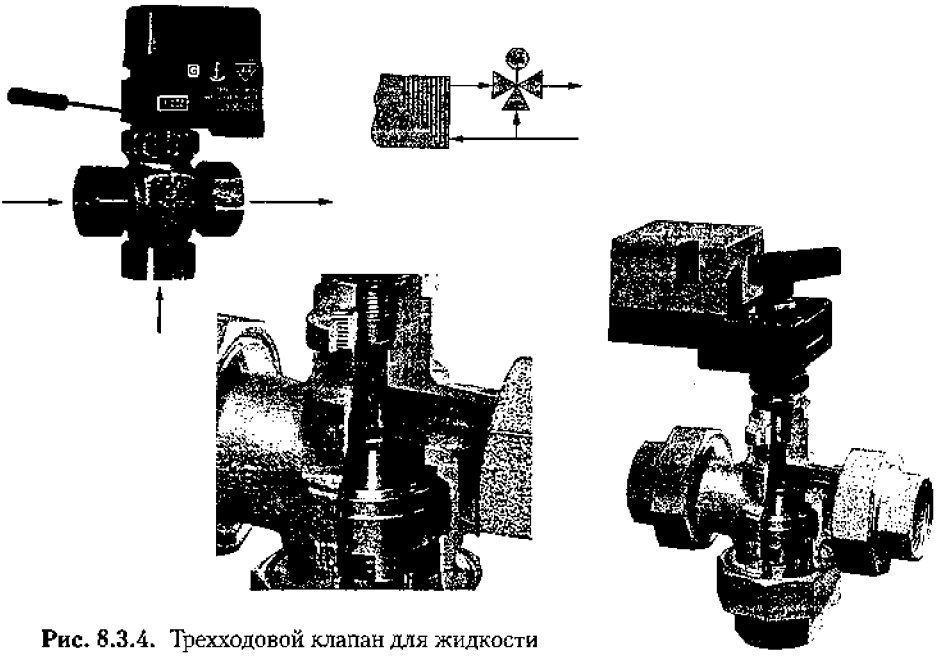


Рис. 8.3.4. Трехходовой клапан для жидкости

Питание электродвигателя — 24 В.

С выхода привода выдается контрольный сигнал о положении запорного конуса. Время полного хода конуса составляет 100–150 с. Имеется возможность ручного перемещения конуса с помощью шестигранного ключа.

Перетечки жидкости при закрытом канале не превышают 1 % от пропускной способности.

В случае неисправности трехходового клапана и гидравлической системы после трехходового клапана жидкость будет циркулировать через обратный клапан (ОК).

Для установки расчетного расхода жидкости в системе используется балансировочный клапан, который представляет собой высокоточный клапан ручного регулирования. На балансировочном клапане имеются выходы для измерения расхода и давления жидкости.

Выпускаются балансировочные клапаны, автоматически настраиваемые наладочным контроллером. Для настройки балансировочного клапана в наладочный контроллер задаются расчетные значения расхода и давления, после чего контроллер автоматически устанавливает балансировочный клапан в необходимое положение.

К расширительному баку подключены клапаны подпитки жидкости (КПЖ) и клапаны подпитки воздуха (КПВ).

При установке фильтра (Ф) необходимо обращать внимание на направление потока жидкости через фильтр.

- В самой верхней точке гидравлической схемы устанавливается автоматический воздуховыпускной клапан (ВК).

Предохранительный клапан настраивается по предельно допустимому давлению самого слабого элемента в сети плюс 1 бар (7–10 бар).

8.3. НАСОСЫ

Насос — устройство, служащее для напорного перемещения (всасывание, нагнетание) жидкости в результате сообщения ей энергии.

Основное назначение насоса — повышение полного давления перемещаемой среды. В зависимости от назначения насосы могут быть ***питательные, циркуляционные, конденсатные*** и др.

По принципу действия насосы подразделяются на ***объемные и динамические.***

Объемные насосы работают по принципу вытеснения, когда давление перемещаемой среды повышается в результате сжатия (поршневые, диафрагменные, зубчатые, винтовые и др.).

Динамические насосы работают по принципу силового воздействия на перемещаемую среду. К ним относятся лопастные (центробежные, осевые) и насосы трения (вихревые, дисковые, струйные).

IBIK

Работа насоса характеризуется следующими рабочими параметрами: подача, напор, мощность и КПД.

Подача — это объем жидкости, подаваемый насосом за единицу времени (Q, м^3/с).

Напор — это давление, создаваемое насосом (Па). Напор также измеряют в метрах водяного столба (H). 1м вод. ст. = 10^4 Па.

Мощность насоса — это энергия, сообщаемая перемещаемой среде насосом за единицу времени. Если единице веса жидкости сообщается энергия H, то при весовой подаче $\gamma \cdot Q$ насоса (где γ — удельный вес жидкости) жидкость выходит из насоса, обладая полезной мощностью

$$N_{\text{п}} = \gamma \cdot Q \cdot H. \qquad (8.3.4)$$

Насос приводится в движение электродвигателем, который потребляет мощность $N_{\text{э}}$. Мощность на валу двигателя будет равна:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{э}}, \qquad (8.3.5)$$

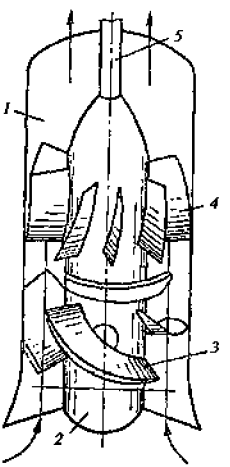
где $\eta_{\text{э}}$ — КПД двигателя.

Таким образом, насосу подается мощность на валу или мощность, потребляемая насосом. Часть мощности на валу передается потоку жидкости, проходящему через нагнетатель, тогда из насоса жидкость выходит, обладая запасом мощности, которая называется полезной $N_{\text{п}}$.

Полезная мощность меньше мощности на валу на величину потерь мощности в нагнетателе. Эти потери учитываются КПД насоса $\eta_{\text{н}}$:

$$N_{\text{п}} = N_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \qquad (8.3.6)$$

Для создания давления в трубопроводах применяются циркуляционные насосы. К ним относятся осевые насосы, рабочая схема которого показана на рис. 8.3.5.



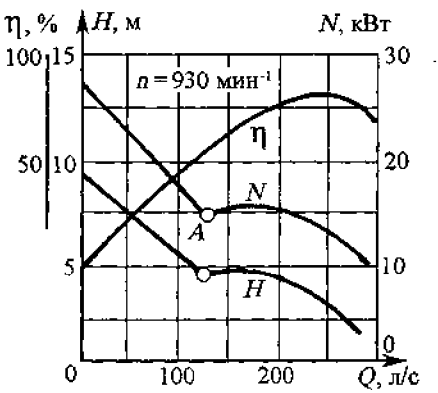


Рис. 8.3.5. Схема и характеристика осевого насоса:
1 — корпус; *2* — ступица; *3* — лопасти; *4* — демпфирующие лопасти; *5* — ось

ІВІК

В корпусе (*1*), представляющем собой проточную часть насоса, находится рабочее колесо, состоящее из ступицы (*2*) с установленными на ней лопастями (*3*). Для уменьшения вращательного движения жидкости за вращающимся рабочим колесом устанавливают неподвижный аппарат (*4*).

В осевых насосах рабочее колесо выполняется, как правило, погружного типа, т. е. располагается ниже уровня воды, а приводной двигатель устанавливается выше этого уровня, чтобы исключить его затопление. Поэтому чаще всего осевые насосы бывают вертикального исполнения.

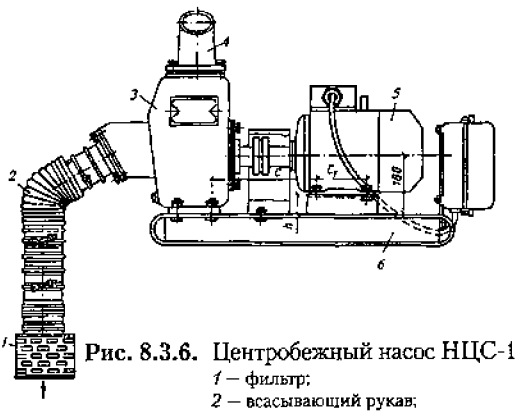


Рис. 8.3.6. Центробежный насос НЦС-1:
1 — фильтр;
2 — всасывающий рукав;
3 — центробежный насос;
4 — напорный патрубок;
5 — электродвигатель;
6 — рама

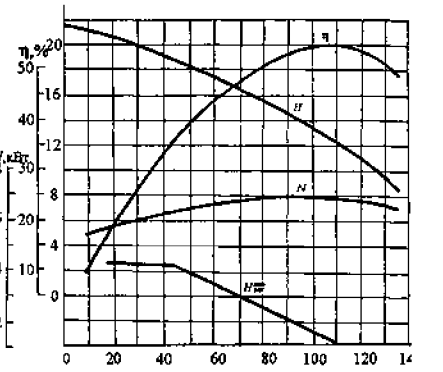


Рис. 8.3.7. Напорная характеристика насосов НЦС-1

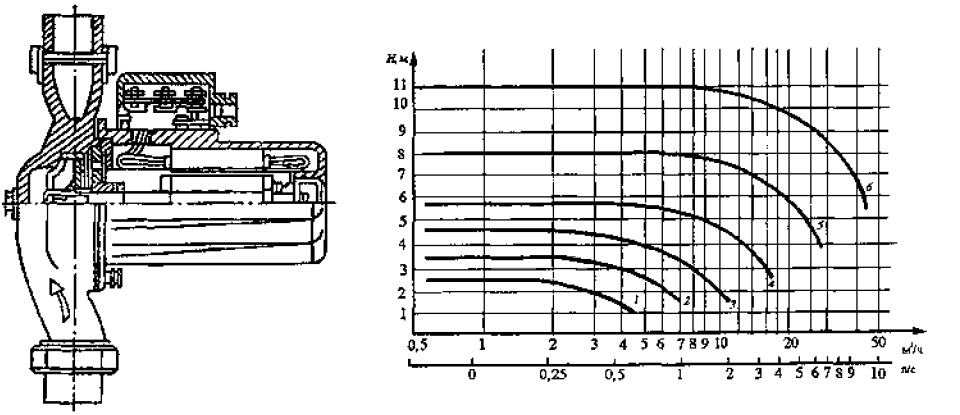


Рис. 8.3.8. Конструкция и напорная характеристика насосов ЦВЦ
(*1–6* — тип насоса)

Центробежный насос с горизонтальным расположением вала и рабочим колесом одностороннего типа (НЦС-1) показан на рис. 8.3.6. Напорная характеристика насоса приведена на рис. 8.3.7.

Циркуляционные насосы типа ЦВЦ (рис. 8.3.8) устанавливаются прямо на трубопроводе. Они используются для подачи в теплосеть воды с температурой до 100 °С.

Бессальниковые насосы фирмы GRUNDFOS, оснащенные электродвигателем с "мокрым ротором" и встроенной системой регулирования частоты вращения, предназначены для применения в системах отопления с переменным расходом теплоносителя (рис. 8.3.9). Вал (*4*) и подшипники скольжения (*5*) изготовлены из металлокерамики.

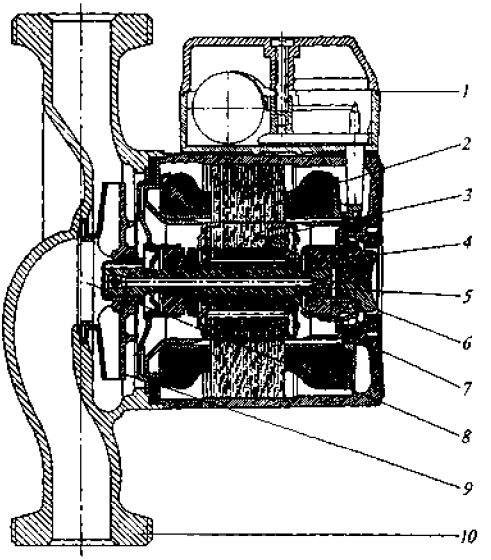


Рис. 8.3.9. Циркуляционный насос UPE серии 100 фирмы GRUNDFOS:
1 – клеммная коробка;
2 – статор;
3 – ротор;
4 – керамический вал;
5 – керамический подшипник;
6 – пробка выпуска воздуха;
7 – защитный экран;
8 – щелевое уплотнение;
9 – корпус

Электронное управляющее устройство встроено в клеммную коробку насоса. Насосом управляют таким образом, чтобы он соответствовал приближенной графической характеристике сети трубопроводов, запрограммированной в микропроцессоре насоса. Для достижения безопасности при пуске двигатель запускают с максимальным числом оборотов. Дополнительно предусмотрена электронная защита крутящего момента, которая срабатывает при блокировке насоса.

Циркуляционные насосы UPE серии 2000 могут настраиваться для регулирования оптимальным способом для конкретной отопительной системы.

Разность давлений можно регулировать по постоянному перепаду давления (постоянное давление), по перепаду давлений, согласованному с объемной подачей (пропорциональное давление), и по температуре.

IBIK

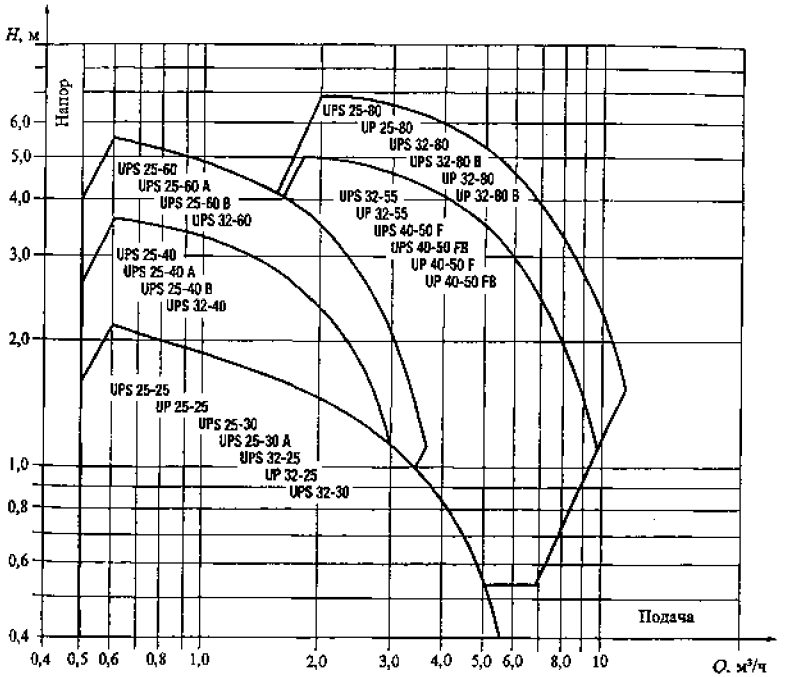


Рис. 8.3.10. Напорная характеристика циркуляционных насосов UPS серии 100

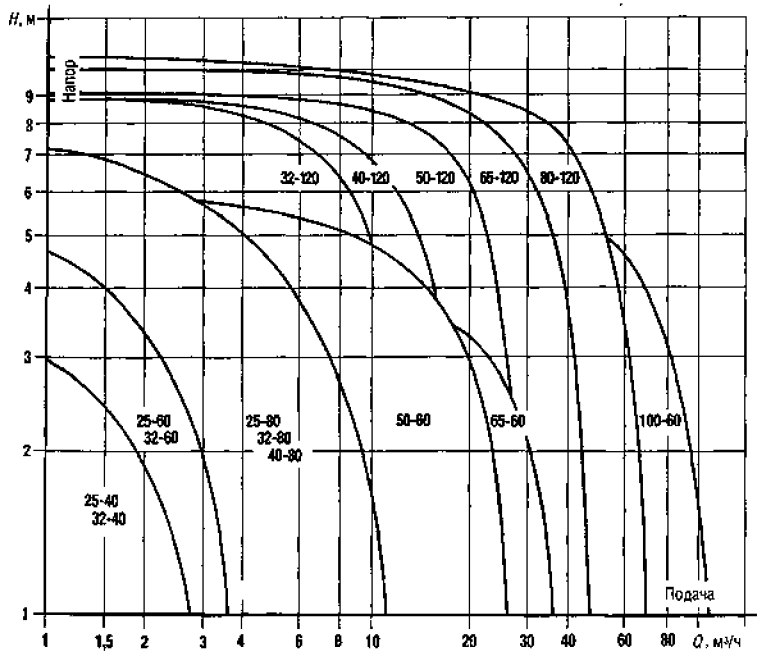


Рис. 8.3.11. Напорная характеристика циркуляционных насосов UPE серии 2000

IBIK

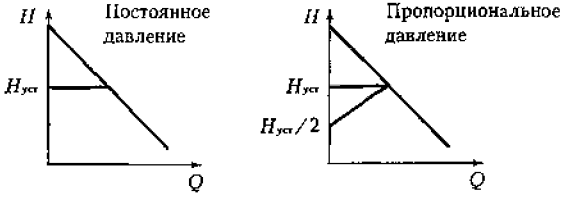


Рис. 8.3.12. Методы регулирования расхода жидкости насосом

Постоянный перепад давления

При регулировании по постоянному давлению перепад давлений в насосе остается постоянным (рис. 8.3.12). Это значит, что при снижении подачи напор не растет, что происходит в нерегулируемых насосах, а остается неизменным. Перепад давлений регулируется с помощью датчика, расположенного непосредственно в двухтрубных тепловых сетях с терморегулирующим вентилем. При этом качество регулирования во многом зависит от опыта пользователя.

Пропорциональное давление

При регулировании по пропорциональному давлению перепад давлений в насосе устанавливается в зависимости от объемной подачи. Это значит, что напор падает пропорционально снижению подачи до тех пор, пока при Q=0 не будет достигнуто значение, равное 50 % от заданного. Для этого подача рассчитывается на основании заданных параметров насоса. Регулирование пропорционального давления применяется в двухтрубных тепловых сетях с терморегулирующим вентилем. Регулирование осуществляется в автоматическом режиме.

Регулирование по температуре

При использовании этой функции введенное заданное значение (постоянное давление) или заданное значение, рассчитываемое при регулировании (пропорциональное давление), линейно регулируется в зависимости от температуры рабочей среды в корпусе насоса.

Регулирование по температуре применяется в отопительных системах с регулированием температуры в подающей линии тепловой сети в зависимости от температуры, например, наружного воздуха.

8.4. КОНВЕКТОРНЫЕ ТЕПЛООБМЕННИКИ (ФАНКОЙЛЫ)

Конечным потребителем в гидравлической цепи (насосной станции) является конвекторный теплообменник "жидкость–воздух" (фанкойл).

По производительности фанкойлы могут быть от 2 до 20 кВт. По конструктивному исполнению они бывают настенные, напольные, канальные, подпотолочные.

Расход воздуха через фанкойл составляет от 130 до 1 500 м^3/ч.

IBIK

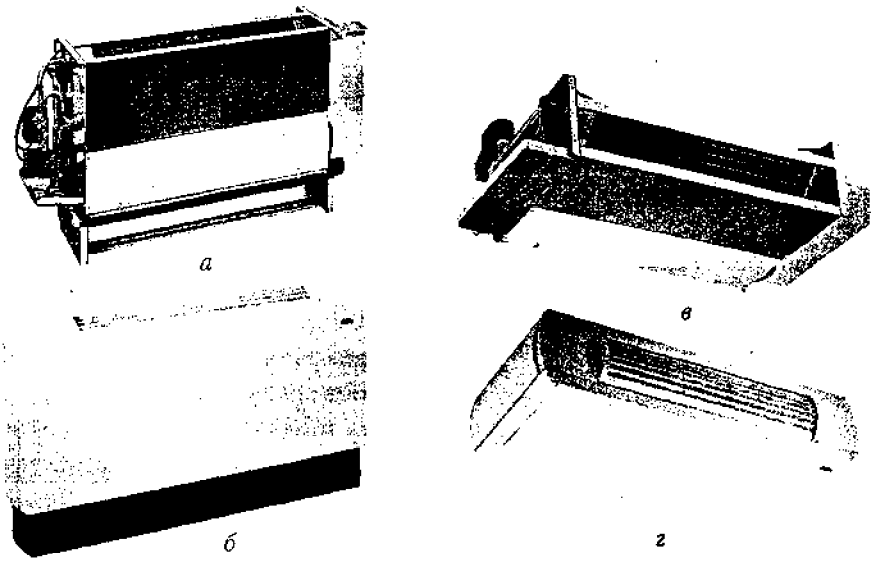


Рис. 8.4.1. Фанкойлы фирмы GEA:
а — напольный бескорпусный; *б* — напольный в корпусе;
в — подпотолочный бескорпусный; *г* — подпотолочный в корпусе

Фанкойл состоит из следующих основных частей (рис. 8.4.6):

- жидкостного теплообменника с оребренными трубами;
- вентилятора;
- многоскоростного электродвигателя;
- воздушного фильтра;
- двух- или трехходового клапана;
- системы управления;
- конденсатного насоса;
- поддона для сбора конденсата.

Теплообменник состоит из одной или двух частей. Если теплообменник состоит из одной части, он используется как для охлаждения, так и для нагрева (или только для охлаждения). Такой теплообменник называется двухтрубным.

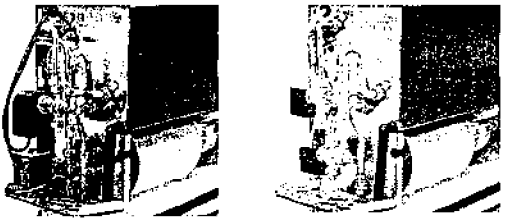
В теплообменнике, состоящем из двух частей, одна часть используется для охлаждения, другая — для нагрева. Такой теплообменник называется четырехтрубным.

Для нагрева могут использоваться электрические нагреватели.

Теплообменники могут быть 1-, 2-, 3- и 4-рядные в зависимости от производительности фанкойла.

Регулировка производительности фанкойла производится путем изменения скорости вращения центробежного вентилятора или изменения расхода жидкости. Расход жидкости изменяется двух- или трехходовым клапаном, управляемым контроллером.

IBIK



а *б*

Рис. 8.4.2. Клапаны управления производительностью фанкойла GEKO-393:
а — с приводом плавного регулирования;
б — с приводом дискретным (ВКЛ/ВЫКЛ)

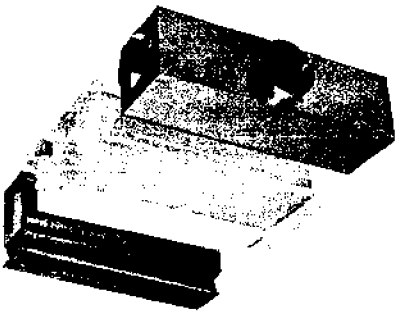


Рис. 8.4.3. Дополнительные узлы для входа и подачи воздуха

Управление клапаном может быть плавным от сервопривода или дискретным (рис. 8.4.2) (электромагнитный клапан).

Фильтрация воздуха осуществляется воздушными фильтрами класса EU-2 с возможностью повторного их использования.

Подпотолочные фанкойлы позволяют осуществлять подмес свежего воздуха. Для этого на входе фанкойла устанавливается смесительная камера, куда подается обратный и свежий потоки воздуха. На входе воздуховода свежего воздуха необходимо устанавливать противодождевые жалюзи.

Потолочные фанкойлы могут комплектоваться (как опции) различными узлами выхода и подачи воздуха (рис. 8.4.3).

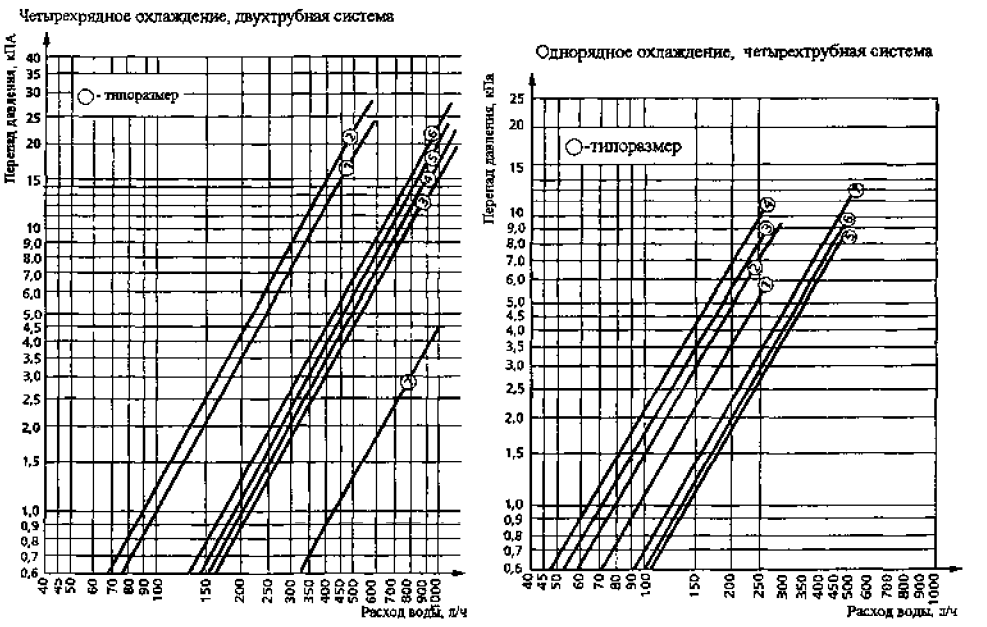


Рис. 8.4.4. Падение давления на фанкойлах GEKO-393

IBIK

Падение давления воды на фанкойле составляет 25–40 кПа (рис. 8.4.4). При использовании незамерзающей жидкости (например, этиленгликоль) производительность теплообменников (и кондиционеров в целом) уменьшается на 7 % при температуре на выходе чиллера 5–7 °С. При изменении процентного содержания этиленгликоля в воде температура его замерзания изменяется (рис. 8.4.5).

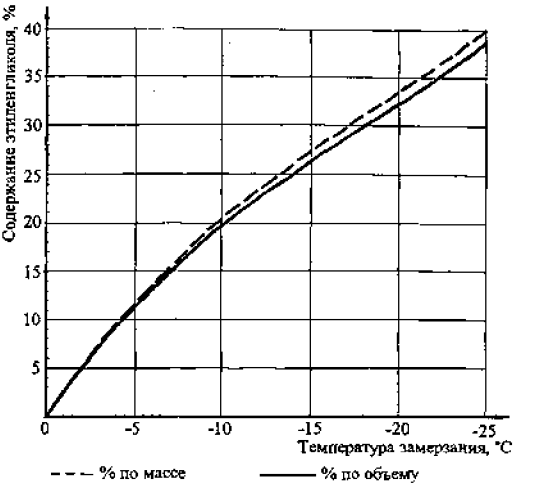


Рис. 8.4.5. Температура замерзания раствора этиленгликоля с водой

Гидравлическое сопротивление сети с применением этиленгликоля увеличивается на 50 % из-за увеличения вязкости раствора. Это необходимо учитывать при выборе насосов и определении диаметра труб гидравлической системы.

В качестве антифризов, кроме этиленгликоля, используются хлористый кальций, пропиленгликоль, экосол. Последний выпускается предприятием "Форнел" (Россия) нескольких видов, различающихся температурой начала кристаллизации и имеющих различную концентрацию основного компонента и, следовательно, различные физико-химические свойства. Диапазон рабочих температур экосола — от –20 до –65°С.

Теплофизические свойства некоторых антифризов приведены в табл. 8.4.1.

Таблица 8.4.1. Теплофизические свойства антифризов

Антифриз	Плотность, кг/м³	Температура замерзания, °С	Теплоемкость, кДж/(кг·К) (20°С)	Теплопроводность, Вт/(м·К) (20°С)	Вязкость, (Па·с)·10³ (-20°С)
Экосол-40	1046	–40	3,70	0,43	44780
Этиленгликоль	1082	–40	3,26	0,402	25000
Пропиленгликоль	1036	–20	3,77	0,429	45000
Хлористый кальций	1240	–31,2	2,805	0,56	13830

IBIK

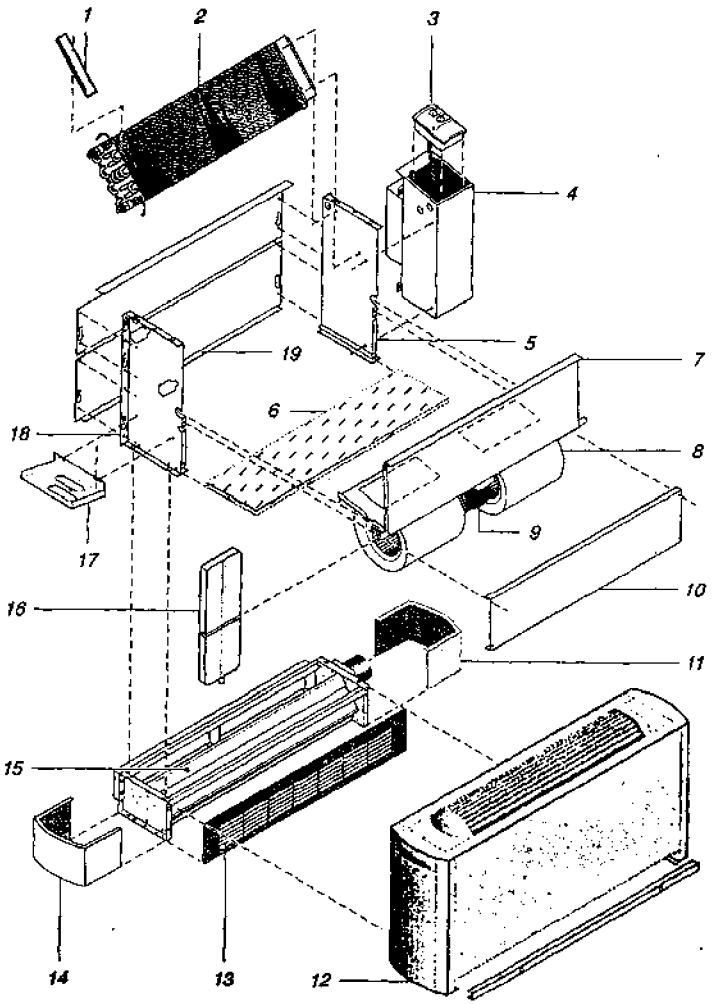


Рис. 8.4.6. Основные элементы фанкойла GEKO-393:

1 – крепление теплообменника; *2* – теплообменник; *3* – пульт управления; *4* – блок управления; *5* – боковая панель; *6* – воздушный фильтр; *7* – поддон; *8* – вентилятор; *9* – электродвигатель; *10* – передняя панель; *11* – правая опора; *12* – кожух; *13* – воздухозаборная решетка; *14* – левая опора; *15* – смесительная камера; *16* – поддон; *17* – дополнительный поддон; *18* – левая боковая панель; *19* – задняя панель

IBIK

Раздел 9

Центральные кондиционеры

9.1. ОСНОВНЫЕ КОМПОНОВОЧНЫЕ СХЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

Центральные кондиционеры — это неавтономные кондиционеры, снабжаемые холодом и теплом извне.

Центральные кондиционеры можно разделить на 4 класса:

- прямоточные;
- с переменным расходом воздуха;
- с рециркуляцией воздуха;
- с рекуперацией тепла (холода).

Основными параметрами центральных кондиционеров являются:

- расход воздуха;
- давление, создаваемое вентилятором;
- тепло(холодо)производительность;
- степень фильтрации воздуха;
- эффективность утилизации тепла (при наличии теплоутилизатора);
- потребляемая электрическая мощность;
- уровень звукового давления;
- удельные массогабаритные характеристики.

Центральные кондиционеры располагаются вблизи обслуживаемых помещений: на крыше (наружное исполнение агрегата), на технических этажах, в подвалах.

Подвод и отвод воздуха в кондиционер и по помещениям производится воздуховодами (в моделях наружного исполнения патрубки забора наружного и выброса вытяжного воздуха обычно являются составной частью агрегата).

Центральные кондиционеры состоят из секций, каждая из которых выполняет определенные функции:

IBIK

- смешение потоков воздуха;
- фильтрацию;
- нагрев;
- охлаждение или осушку;
- увлажнение.

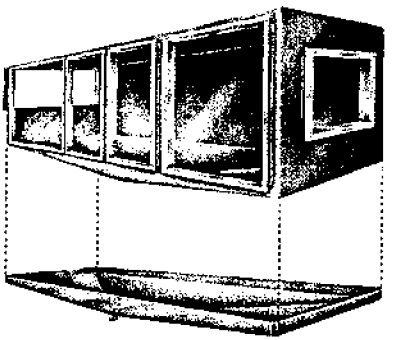


Рис. 9.1.1. Унифицированные модули для различных секций центральных кондиционеров

Для уменьшения уровня распространяющегося по системе воздуховодов шума в центральные кондиционеры встраиваются шумоглушители.

Кондиционеры строятся на базе унифицированных типовых секций (модулей), которые можно комплектовать в различных комбинациях в зависимости от требований технического задания (рис. 9.1.1).

Прямоточные центральные кондиционеры состоят из приточной и вытяжной части.

Приточная часть включает в себя воздушные заслонки, приточный фильтр, секцию нагрева, охлаждения, вентиляторную секцию, шумоглушитель. Вытяжная часть состоит из вентилятора и воздушной заслонки. Воздушные заслонки выполняются многостворчатыми с параллельными лопатками и управляются сервоприводом синхронно: количество воздуха, поступившее в помещение, должно равняться количеству удаленного воздуха.

Недостатком прямоточных центральных кондиционеров является необходимость больших мощностей нагревательной и охлаждающей секций, а также подача воздуха с одинаковой температурой во все помещения. Устранить этот недостаток позволяет использование прямоточной системы VAV (Variable Air Volume) с переменным расходом воздуха. В этом случае в каждом помещении устанавливаются отдельные датчики температуры, которые управляют заслонками на входе и выходе воздуха в каждое помещение.

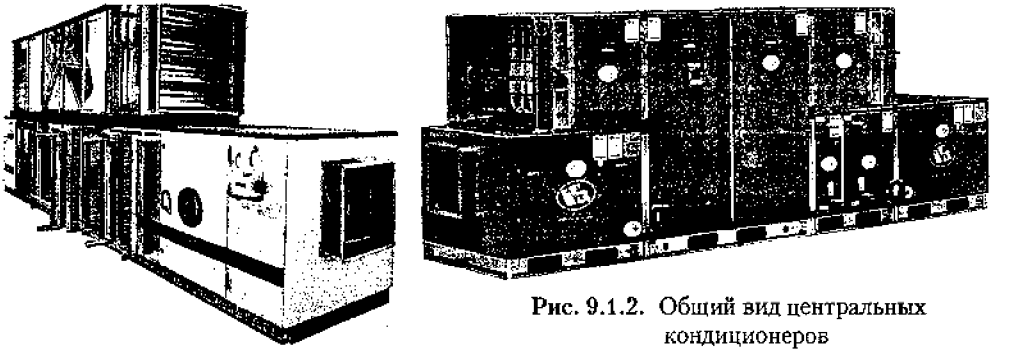


Рис. 9.1.2. Общий вид центральных кондиционеров

IBIK

Система VAV даст возможность поддерживать заданную температуру за счет изменения количества нагретого (охлажденного) воздуха, подаваемого в помещение. Однако это иногда не согласовывается с требованиями стандартов по расходу воздуха. Поэтому в центральных кондиционерах организуют рециркуляцию воздуха (подмешивание части вытяжного воздуха в приточный).

Центральные кондиционеры, работающие с рециркуляцией воздуха, комплектуются смесительной камерой, позволяющей регулировать количество свежего и рециркуляционного воздуха, подаваемого в помещение. Рециркуляция воздуха позволяет сократить затраты на нагрев или охлаждение воздуха на 30–40 %. Однако такая схема применяется только там, где рециркуляция допустима по санитарным нормам или технологическим условиям.

Схемы с рекуперативными теплообменниками дают большую экономию, чем рециркуляция, при сохранении заданной пропорции свежего воздуха в притоке. Применяются схемы с перекрестными пластинчатыми теплообменниками или с вращающимися теплообменниками, которые описаны в разделе 4.

В пластинчатом перекрестном теплообменнике (рис. 9.1.3) потоки приточного и вытяжного воздуха полностью разделены. Поэтому эта схема может применяться без ограничений.

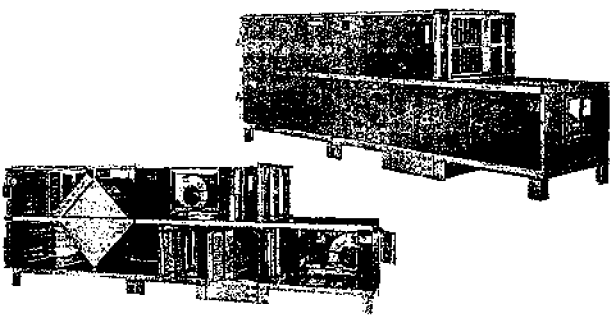


Рис. 9.1.3. Центральный кондиционер с пластинчатым рекуперативным теплообменником

При использовании вращающегося теплообменника часть вытяжного воздуха возвращается в помещение. Поэтому, несмотря на то что эффективность утилизации тепла вращающегося теплообменника достигает 80 %, применение его по санитарным нормам ограничено. Вращающийся теплообменник приводится в действие ременной подачей от электродвигателя. Скорость вращения составляет 2–15 мин$^{-1}$.

9.2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ЦЕНТРАЛЬНЫХ КОНДИЦИОНЕРОВ

9.2.1. КАМЕРЫ СМЕШЕНИЯ

Наружный и рециркуляционный воздух поступают по воздушным каналам в смесительную камеру кондиционера. Регулировка количества воздуха производится воздушными заслонками, состоящими из параллельных пластмассовых или металлических лопаток.

IBIK



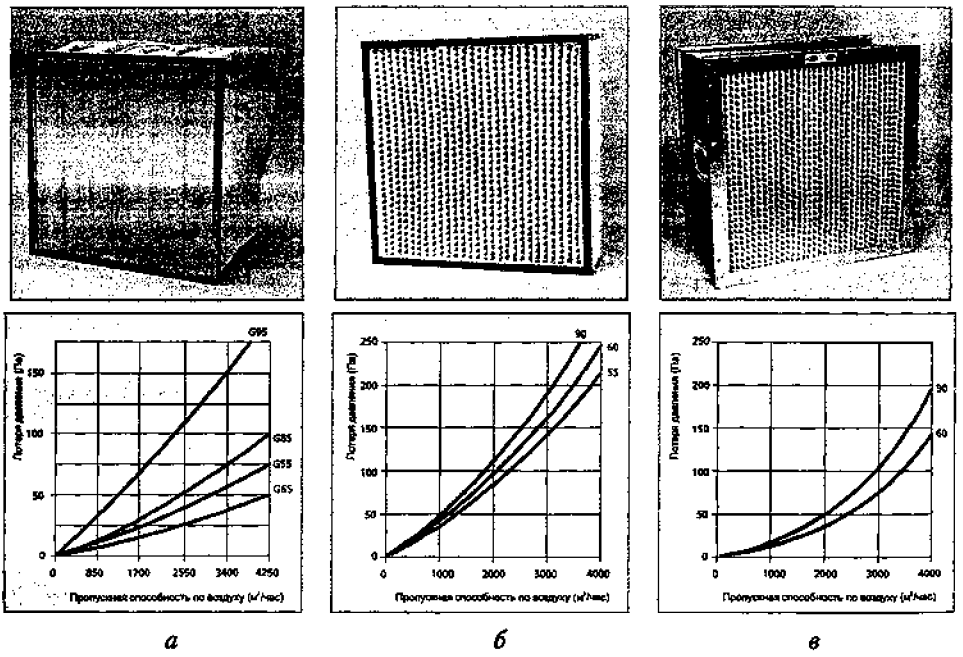
Рис. 9.2.1. Камера смешения

Лопатки поворачиваются вокруг своей оси синхронно (механическая связь) с помощью электропривода. В системе может быть 3 заслонки: наружного воздуха, рециркуляционного воздуха и удаляемого воздуха.

Угол поворота лопаток каждой из трех заслонок определяется необходимым количеством свежего и рециркуляционного воздуха. Электропривод заслонок управляется командами от автоматической системы регулирования кондиционером.

9.2.2. СЕКЦИИ ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА

Секция фильтрации предназначена для очистки воздуха от твердых, жидких или газообразных примесей. В зависимости от назначения помещений, обслуживаемых кондиционером, могут использоваться фильтры грубой, тонкой или сверхтонкой очистки.

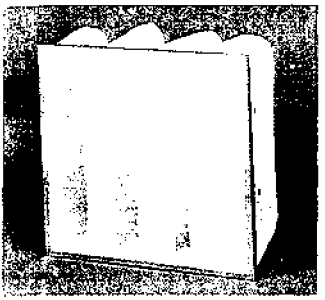


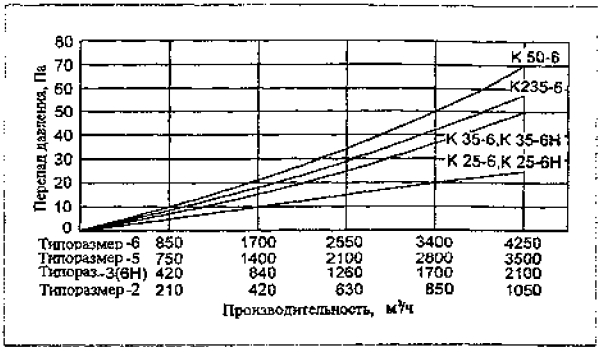
а *б* *в*

Рис. 9.2.2. Фильтры тонкой очистки (фирма GEA):
а – фильтр MULTISACK, класс F6-F7; *б* – фильтр MULTIGLAS, класс F5-F8 для многоступенчатой очистки; *в* – фильтр MULTICOL, класс F6-F7 для крупной пыли

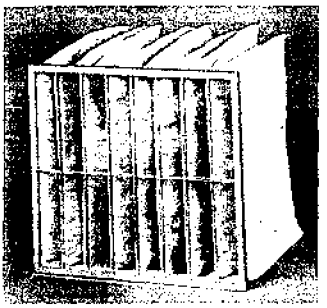
ИВИК

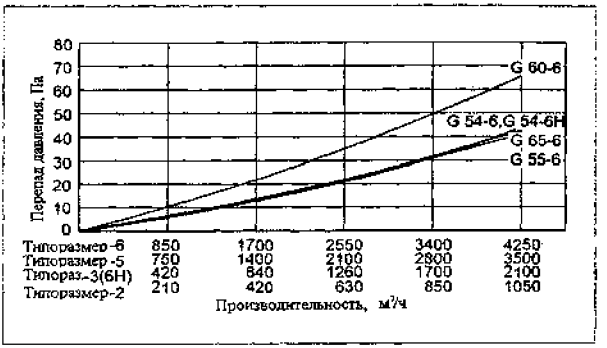
MULTISACK K 25/235/35/50



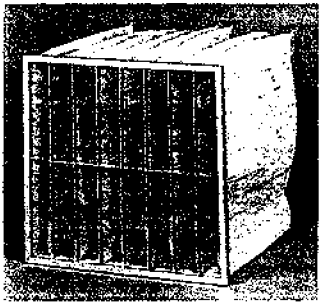


MULTISACK G54/55/60/65





MULTISACK G85/95



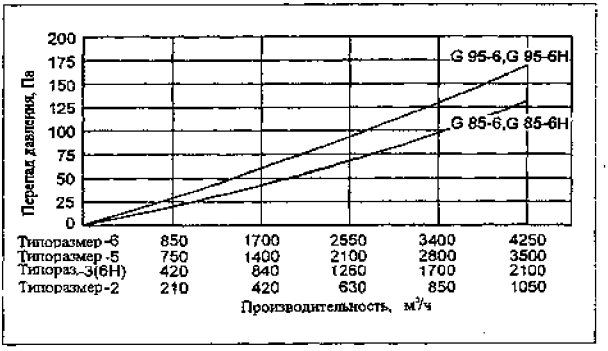


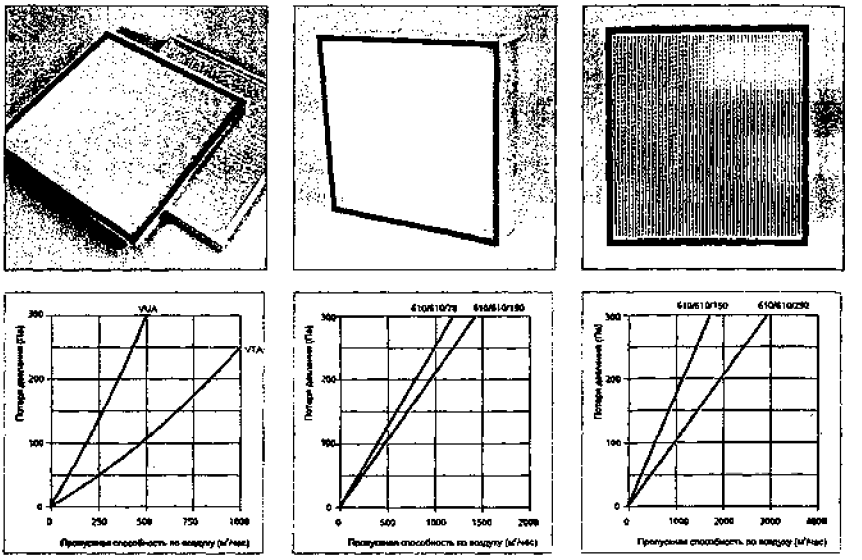
Рис. 9.2.3. Карманные фильтры MULTISACK (фирма GEA)

Фильтры грубой очистки (класс EU1-EU4 по EUROVENT 4/5) применяются в системах кондиционирования с невысокими требованиями к чистоте воздуха в помещении. Это, как правило, технологические помещения.

Фильтры тонкой очистки (класс EU5-EU9) используются на второй ступени очистки после фильтров грубой очистки. Используются при вентиляции и кондиционировании административных зданий, гостиниц, больниц.

Сверхтонкая очистка применяется в фармацевтической и полупроводниковой промышленности.

IBIK



а *б* *в*

Рис. 9.2.4. Фильтры сверхтонкой очистки:
а – фильтр VUA, класс R, для окончательной доочистки в многоступенчатых системах;
б – фильтр ABSOFIL, класс S, для систем санигиены и микроклимата;
в – фильтр MICROPUR, класс S, операционные, производство полупроводников и оптики

Применение	Класс очистки	Степень очистки, %
Грубая очистка	EU1 (F1)	65
	EU2 (F2)	**70**
	EU3 (F3)	**80**
	EU4 (F4)	90
Тонкая очистка	EU5 (F5)	40
	EU6 (F6)	**60**
	EU7 (F7)	**80**
	EU8 (F8)	**90**
	EU9 (F9)	95
Сверхтонкая очистка	Q	98
	R	99,97
	S	99,995

Фильтры грубой очистки, которые задерживают крупнозернистую пыль, жировые пары, выполняются из металлизированной сетки.

Фильтры тонкой очистки изготавливаются из синтетического волокна, как правило, карманного типа.

Характеристики фильтров тонкой очистки приведены на рис. 9.2.3.

Фильтры сверхтонкой очистки (Q, R, S) изготавливаются из стеклянных субмикронных волокон с гидрофобным покрытием (рис. 9.2.4).

Для сепарации газа используются фильтры из активированного угля. Так, фирма GEA выпускает для кондиционеров угольные фильтры, абсорбирующие углеводород, сероводород, радиоактивный йодистый метил.

IBIK

9.2.3. СЕКЦИИ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА

Охлаждение потока воздуха осуществляется в трубчатых теплообменниках с оребренными трубами. В качестве хладагента используется охлажденная жидкость или фреон.

Для получения охлажденной воды используются чиллеры и, при необходимости, насосные станции.

Может также применяться холодильная машина прямого испарения, компрессорно-конденсаторный блок которой установлен на открытом пространстве для обеспечения охлаждения конденсатора. Испаритель располагается в холодильной секции.

Регулировка холодопроизводительности в этом случае производится с помощью терморегулирующего вентиля и изменения производительности компрессора (см. раздел 6).

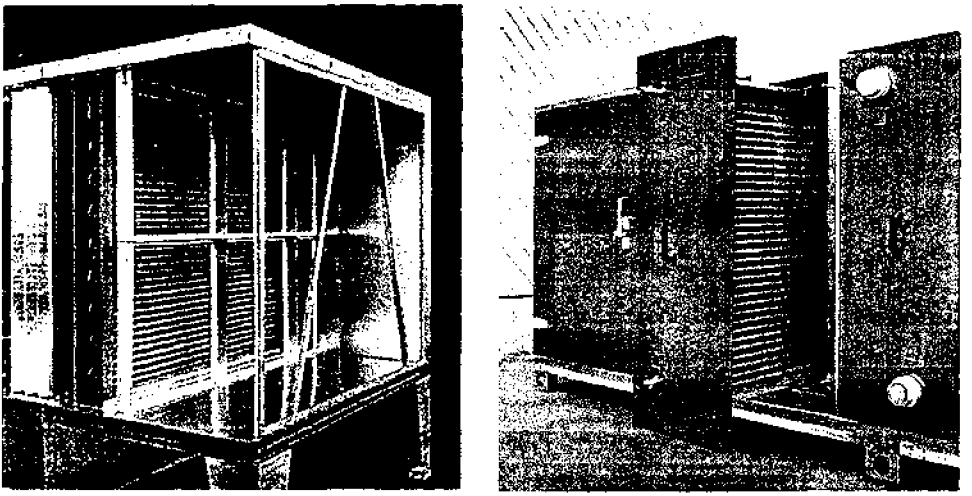


Рис. 9.2.5. Секции охлаждения воздуха в центральных кондиционерах

После холодильной секции устанавливаются каплеуловители, чтобы влага не попала на электродвигатель вентилятора и в рекуперативный теплообменник. Скорость воздуха, проходящего через рекуператор, не должна превышать 5 м/с.

9.2.4. СЕКЦИИ НАГРЕВА ВОЗДУХА

В секции нагрева воздуха могут использоваться водяные, паровые, электрические и фреоновые нагреватели.

Водяные и паровые нагреватели используют горячую воду или пар центрального отопления. В этом случае регулировка производительности осуществляется с помощью трехходовых вентилей и насосных станций, описанных в разделе 8.

IBIK

Электрические калориферы имеют от одной до четырех ступеней мощности. Электрический калорифер управляется по температуре потока воздуха, а также по величине потока: если объем воздуха снизится ниже допустимого значения, питающее напряжение будет отключено.

9.2.5. СЕКЦИИ УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА

В секции увлажнения применяются оросительные форсунки или парогенераторы. В форсуночной камере происходит адиабатическое увлажнение воздуха циркуляционной водой.

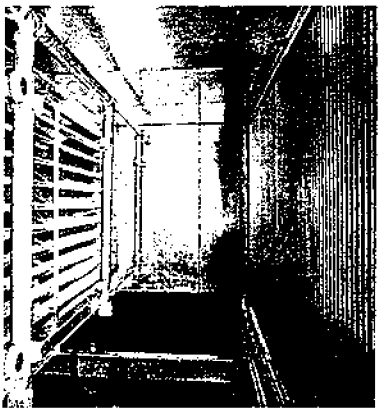


Рис. 9.2.6. Секция увлажнения

Физические процессы, происходящие при контакте воздуха с поверхностью капель воды, описаны в разделе 2. Распыление осуществляется с помощью распыляющих форсунок, подача воды осуществляется насосом. Для исключения уноса капель воды на выходе секции увлажнения устанавливается каплеуловитель.

Циркуляционный насос размещен в поддоне для воды, который одновременно выполняет функцию емкости для воды. По мере испарения воды остатки выпаренной воды периодически сливаются, а поддон заполняется свежей водой. Уровень воды регулируется с помощью поплавка, открывающего питательный трубопровод, а циркуляционная вода выпускается шаровым клапаном, расположенным на нагнетательной стороне насоса.

В некоторых кондиционерах увлажнение воздуха осуществляется сухим перегретым паром. Пар подается от отопительной системы и распыляется инжекционными соплами.

В таких увлажнителях имеются конденсатоотводчики, фильтр пара, регулятор уровня конденсата.

Увлажнение паром имеет ряд преимуществ:

- высокая точность поддержания влажности воздуха;
- сухой перегретый пар не содержит минеральных солей и бактерий;
- минимальные эксплутационные расходы.

В последнее время применяются электрические парогенераторы, принцип работы и конструкция которых описаны в разделе 6.

IBIK

9.2.6. ВЕНТИЛЯТОРНЫЕ СЕКЦИИ

Вентиляторы, применяемые в центральных кондиционерах, описаны в разделе 10.

Расход воздуха составляет от 1000 до 200 000 м³/ч. Скорость движения потока воздуха в живом сечении установки не должна превышать 5 м/с. Рекомендуемая скорость при нагреве и вентиляции – от 2,5 до 3 м/с, в режиме охлаждения – от 2 до 2,5 м/с. При выборе более высокой скорости необходимо предусматривать каплеуловители и шумоглушители.

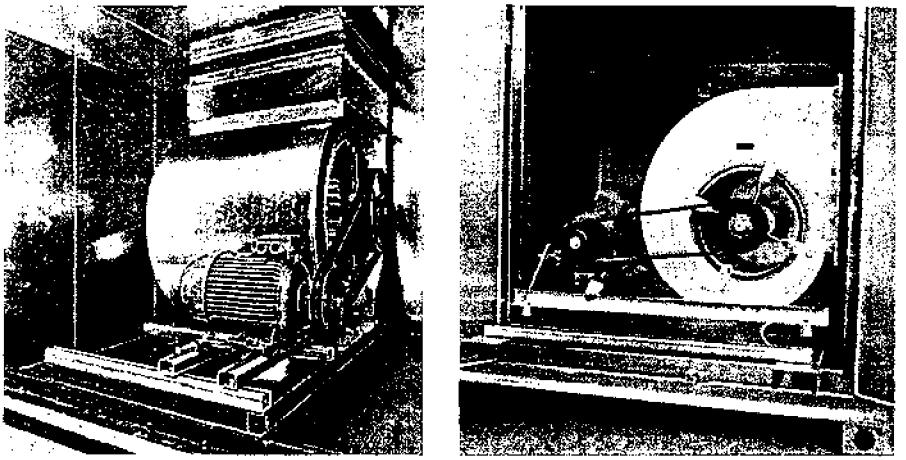


Рис. 9.2.7. Вентиляторные секции центральных кондиционеров

9.2.7. СЕКЦИИ ШУМОГЛУШЕНИЯ

Секция шумоглушения состоит из шумопоглощающих пластин, которые изготавливаются из минеральной ваты, усиленной стекловолокнистым покрытием.

Перед шумопоглощающими пластинами устанавливают рассекатели воздуха, выравнивающие скорость потока в поперечном сечении канала.

Там, где требования относительно уровня шума высоки, предусматривают звукоизоляцию воздуховодов. При выборе материалов для секций шумоглушения необходимо учитывать, что в минеральной вате может происходить отслоение волокон, а это опасно для здоровья (повреждение дыхательных путей). Поэтому выбирают глушители, в которых приняты меры к исключению этого явления (пропитка, материал с эластичной защитной пленкой и т. д.).

IBIK

9.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

При сравнительно небольшом количестве функциональных задач в системах центрального кондиционирования воздуха осуществить управление ими с помощью релейных схем аппаратурно сложно и экономически нецелесообразно. Для управления используются микроконтроллеры, представляющие собой миниатюрные ЭВМ, в которые записываются программы работы устройства. Однако даже для сравнительно простых устройств бытовой техники, систем кондиционирования, теплоснабжения требуются микроконтроллеры с большим объемом памяти и высоким быстродействием.

В последнее десятилетие для управления технологическими устройствами стали применять контроллеры, работающие по принципу так называемой "нечеткой логики" (Fuzzy Logic). Концепция нечеткой логики заключается в использовании не конкретных значений параметров, а нечетких понятий типа "холодно", "жарко", "комфортно" и т. д. В отличие от традиционной Булевой логики, применяемой в стандартных микроконтроллерах, нечеткая логика не требует однозначных формулировок закономерностей, а предполагает другой подход, при котором постулируется минимальный набор закономерностей.

Нечеткие числа, получаемые в результате "не вполне точных измерений", во многом аналогичны распределениям теории вероятностей. В пределе при возрастании точности нечеткая логика приближается к Булевой. По сравнению с вероятностным методом "нечеткий метод" позволяет резко сократить объем производимых вычислений, что, в свою очередь, приводит к увеличению быстродействия процессоров.

Рассмотрим типовые схемы регулирования систем центрального кондиционирования воздуха.

9.3.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРЯМОТОЧНЫХ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ

На рис. 9.3.1 представлена прямоточная система кондиционирования воздуха типа VAV. В этой системе необходимо управлять входными и выходными заслонками в каждом помещении независимо от состояния заслонок в других помещениях, причем приточные и вытяжные заслонки должны управляться синхронно. Необходимо управлять также скоростью вентиляторов (*5, 9*), трехходовыми клапанами (*11*), водяным насосом (*10*) и т. д.; требуется обеспечить защиту водяных калориферов (*3, 4*) от замораживания, двигателей вентилятора от перегрева и возгорания.

IBIK

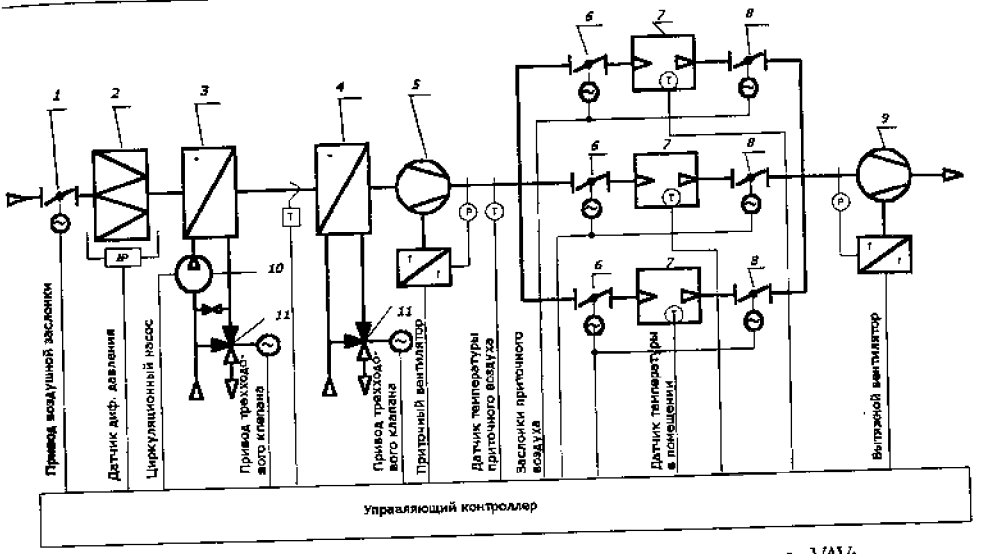


Рис. 9.3.1. Прямоточная система кондиционирования воздуха типа VAV:
1 — воздушная заслонка общего канала с электроприводом;
2 — фильтр с дифференциальным датчиком давления; *3, 4* — водяные теплообменники;
5 — приточный вентилятор с регулируемой производительностью;
6 — воздушные приточные заслонки помещений; *7* — кондиционируемые помещения;
8 — воздушные вытяжные заслонки помещений;
9 — вытяжной вентилятор с регулируемой производительностью;
10 — водяной насос; *11* — трехходовой клапан

В центральном (общем) канале воздух подогревается или охлаждается до определенной температуры и затем поступает в помещения (*7*). В каждом помещении есть датчик температуры. В зависимости от разности между требуемой температурой в помещении (требуемая температура — уставка — задается пользователем) и реальной температурой, измеренной установленным в помещении датчиком, устройство управления должно устанавливать в необходимое положение входные и выходные заслонки (*6, 8*), изменяя этим расход воздуха, проходящего через каждое помещение.

В случае, если большинство заслонок закроется, давление в общем канале при неизменной производительности вентиляторов возрастет, что приведет к недопустимому увеличению скорости потока воздуха через остальные заслонки и возникновению акустического шума (свиста). Для исключения такой ситуации в общих приточном и вытяжном каналах установлены датчики статического давления. По сигналам от этих датчиков изменяется скорость вращения вентиляторов, благодаря чему давление в канале поддерживается на постоянном уровне и, следовательно, скорость потока воздуха через любое количество открытых в данный момент заслонок остается неизменной.

Производительность водяного калорифера обеспечивается циркуляционным насосом (*10*) и трехходовым регулирующим клапаном (*11*).

IBIK

Циркуляционный насос обеспечивает постоянную (независимо от положения трехходового клапана) скорость циркуляции теплоносителя через калорифер, а трехходовой клапан регулирует количество теплоносителя, поступающего для этой цели в калорифер, пропуская при необходимости часть теплоносителя по байпасной линии мимо него.

Трехходовые клапаны (рис. 9.3.2) работают на смешение потоков. *В* крайних положениях закрывается один из двух входов, *А* или *В*. В положении, когда закрыт вход *А*, весь теплоноситель проходит через байпасную линию, не попадая в калорифер. В положении, когда закрыт вход *В*, весь теплоноситель поступает в калорифер.

Если по каким-либо причинам будет перекрыта линия входа трехходового клапана или в ней будет отсутствовать теплоноситель, путь циркуляции теплоносителя через калорифер под действием циркуляционного насоса замыкается через обратный клапан, что исключает возможность замерзания калорифера при низких температурах наружного воздуха. Помимо этого в канале после водяного калорифера устанавливается рамка с натянутой капиллярной трубкой специального термостата, измеряющего интегральное по площади поперечного сечения воздуховода значение температуры воздуха за калорифером, и датчик температуры обратной воды в контуре калорифера. При срабатывании термостата закрываются воздушные заслонки, отключается вентилятор, чтобы прекратить охлаждение калорифера; включается циркуляционный насос (если он не был включен); открывается трехходовой клапан для полного прогрева калорифера горячим теплоносителем. Как только калорифер прогреется, перечисленные выше элементы возвращаются в исходное положение.

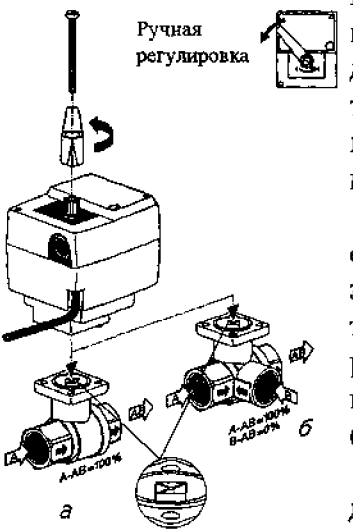


Рис. 9.3.2. Водяные клапаны с сервоприводом:
а – двухходовой клапан;
б – трехходовой клапан

Этот цикл не является аварийным, однако если он повторяется 4 раза в течение 1 часа, это означает, что недопустимо снизилась температура теплоносителя или температура наружного воздуха. В этом случае установка выключается в аварийном режиме (без самовозврата).

При снижении температуры обратной воды в контуре калорифера трехходовой клапан начинает управляться не от датчика температуры воздуха, а от датчика температуры обратной воды в контуре калорифера.

IBIK

Если даже при наличии циркуляции теплоносителя через калорифер температура снизится ниже установленного значения (определяется типом теплоносителя; для воды +10 °С), закроются заслонки и остановятся вентиляторы в вентиляционных каналах.

Иногда трехходовой клапан устанавливается в линии подачи теплоносителя. В этой схеме, если в магистрали имеется циркуляционный насос, который создает расход больший, чем насос в контуре калорифера, трехходовой клапан будет работать не на смешение потоков, а на их разделение. Из-за этого нарушается заданный режим течения теплоносителя через клапан, могут возникнуть резонансные и кавитационные явления. Поэтому такая схема применяется редко.

При питании калорифера от сети центрального отопления может применяться двухходовой клапан. Схема может работать как с циркуляционным насосом и обратным клапаном, так и (в худшем случае) без него.

Если невозможно получить теплоснабжение от сети центрального отопления, используют электрический калорифер с несколькими ступенями мощности (до четырех).

Расход воздуха в приточно-вытяжных системах обеспечивается изменением производительности приточно-вытяжных вентиляторов.

Если при низкой температуре наружного воздуха полной мощности электрического калорифера для поддержания заданной температуры недостаточно, то снижается производительность (скорость вращения) вентиляторов. Следует помнить, что при снижении скорости вращения вентиляторов количество поступившего в помещение воздуха может не соответствовать требованиям санитарных норм. Однако это позволяет обеспечить работу центрального кондиционера до температуры наружного воздуха минус 20–25 °С. Аналогичная ситуация возникает в летний период в случае работы на охлаждение при высокой (выше расчетной) температуре наружного воздуха.

В схеме устанавливается датчик потока воздуха в центральном канале и датчик перегрева калорифера. При отсутствии потока воздуха электрокалорифер выйдет из строя через 10–15 секунд, что недопустимо. Поэтому для защиты электрокалорифера при отсутствии потока воздуха по команде датчика потока произойдет его отключение. В калориферах, как правило, устанавливают еще два термостата:

- термостат защиты от перегрева с самовозвратом (температура срабатывания — 50 °С);
- термостат защиты от возгорания с ручным возвратом (температура срабатывания — 150 °С).

Первый термостат срабатывает обратимо, то есть после того, как температура воздуха за электрокалорифером снизится до 40 °С,

IBIK

калорифер включится снова. Однако если такое выключение случится 4 раза в течение 1 часа, то произойдет аварийное отключение системы. При срабатывании второго термостата система отключится, включить ее повторно можно будет только вручную после устранения неисправности.

Контроль запыленности фильтра оценивается падением давления на нем, которое измеряется дифференциальным датчиком давления. Датчик измеряет разность давлений воздуха до и после фильтра.

Допустимое падение давления на фильтре указывается в его паспорте (обычно 150–300 Па). Эта разность устанавливается при наладке системы на дифференциальном датчике (уставка датчика). При достижении предельной запыленности фильтра от датчика поступает сигнал о необходимости его обслуживания или замены. Если в течение 24 часов после выдачи сигнала предельной запыленности фильтр не будет очищен или заменен, произойдет аварийная остановка системы.

Аналогичные датчики устанавливаются на вентиляторах. Если выйдет из строя вентилятор или ремень привода вентилятора, то система будет остановлена в аварийном режиме.

Если необходимо регулировать влажность, используются парогенераторы или форсуночные распылительные камеры (рис. 9.3.3). Парогенераторы описаны в разделе 6.

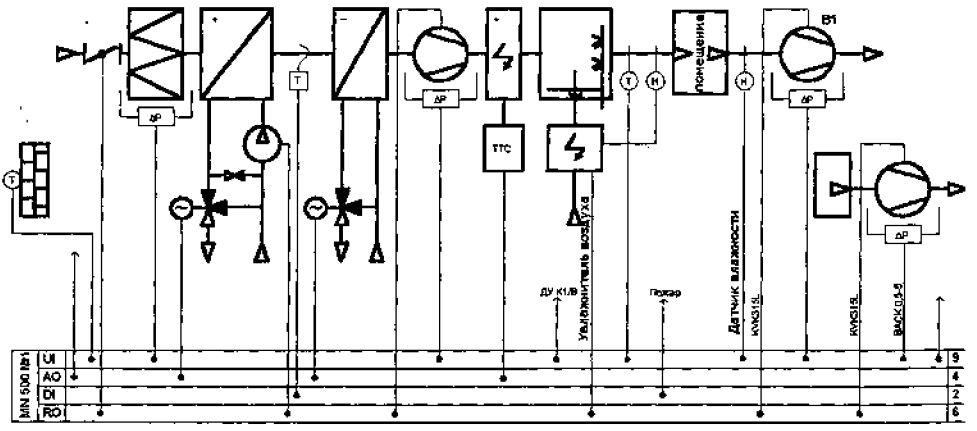


Рис. 9.3.3. Прямоточная система кондиционирования воздуха с регулируемой влажностью воздуха

Осушка воздуха производится путем охлаждения (до температуры ниже точки росы) и последующего нагрева. Температура входного воздуха понижается ниже точки росы в результате чего влага оседает на испарителе и удаляется, а затем сухой воздух нагревается до требуемого значения.

Здесь должно быть 2 контура регулирования: один — для регулирования влажности воздуха, второй — для регулирования температуры.

IBIK

9.3.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С РЕЦИРКУЛЯЦИЕЙ ИЛИ РЕКУПЕРАЦИЕЙ ТЕПЛА

На рис. 9.3.4 представлена схема центрального кондиционера с рециркуляцией воздуха. С целью уменьшения потерь тепла (холода) часть воздуха из вытяжного канала поступает в камеру смешения, где смешивается со свежим приточным воздухом. Температура смешанного воздуха определяется температурой наружного и вытяжного воздуха, а также их количеством.

Регулировка количества смешанного и приточного воздуха производится с помощью трех заслонок: приточной, вытяжной и рециркуляционной. Заслонки в приточном и вытяжном каналах должны работать синфазно, а в рециркуляционном канале — противофазно относительно вытяжной и приточной. Это позволяет реализовать любую степень рециркуляции от 0 до 100 %. При полностью открытых приточной и вытяжной заслонках и полностью закрытой рециркуляционной заслонке система превращается в прямоточную (степень рециркуляции 0 %). При полностью закрытых приточной и вытяжной заслонках и полностью открытой рециркуляционной степень рециркуляции составит 100 %.

В схеме (рис. 9.3.4) в приточном канале установлены испарительные теплообменники двух холодильных машин. В зависимости от требуемой холодопроизводительности включается одна или две холодильные машины. У одной из них производительность регулируется плавно (например, инверторное управление), а вторая включается, когда первая выходит на полную производительность. В этом случае первая холодильная машина начнет работать в дополняющем режиме, т. е. вырабатывать недостающую холодопроизводительность.

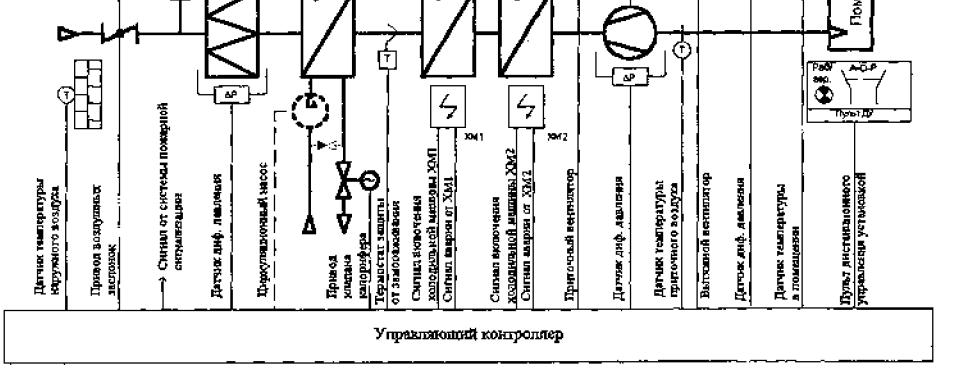


Рис. 9.3.4. Центральный кондиционер с рециркуляцией воздуха

IBIK

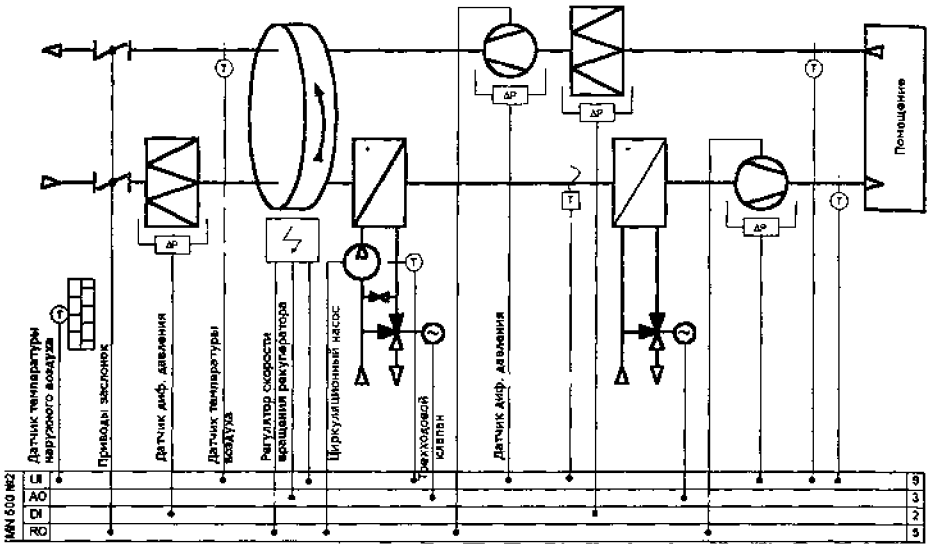


Рис. 9.3.5. Центральный кондиционер с рекуперацией тепла

На схеме (рис. 9.3.4) продемонстрирована возможность дистанционного управления кондиционером.

На рис. 9.3.5 приведена схема кондиционирования с вращающимся теплообменником (рекуператором).

Изменяя скорость вращения теплообменника, можно изменять количество тепла, возвращаемого в помещение (эффективность рекуперации).

Для защиты рекуператора от замораживания скорость вращения снижается при приближении температуры вытяжного воздуха в зимнее время к точке росы.

Для того чтобы не засорялся рекуператор, в схеме устанавливаются фильтры очистки воздуха как в приточном, так и в вытяжном каналах, а также обеспечивается периодическая "прокрутка" колеса не использующегося в данный момент рекуператора при работающей установке.

Из описанных выше схем регулирования центральных кондиционеров вытекает, что для нормального функционирования установки центрального кондиционирования воздуха должна реализовываться определенная технология, обеспечивающая поддержание требуемого микроклимата в помещении. Для этого разрабатываются алгоритмы работы центральных кондиционеров по показаниям датчиков температуры, влажности, давления, величин токов, напряжения на элементах управления и т. д.

Реализация алгоритмов осуществляется исполнительными и защитными элементами (электродвигатели, клапаны, заслонки и др.).

Таким образом, система автоматического управления установкой центрального кондиционирования должна выполнять следующие функции:

IBIK

- управляющие (включение, выключение, задержки);
- защитные (отключение при авариях, предупреждение повреждений установки);
- регулирующие (поддержание комфортных условий при экономии энергии).

9.3.3. УПРАВЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Управляющие функции обеспечивают выполнение заложенных алгоритмов нормального функционирования системы. К ним относятся функции:

- последовательность пуска;
- последовательность остановки;
- резервирующие и дополняющие.

9.3.3.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПУСКА

Для обеспечения нормального пуска кондиционера необходимо соблюдать следующую последовательность:

1. Предварительное открытие воздушных заслонок

Предварительное открытие воздушных заслонок до пуска вентиляторов выполняется в связи с тем, что не все заслонки в закрытом состоянии могут выдержать перепад давлений, создаваемый вентилятором, а время полного открытия заслонки электроприводом доходит до двух минут. Входное напряжение управления электроприводом 0–10 В (пропорциональное позиционное управление при плавном регулировании) или ~24 В (~220 В) – двухпозиционное управление (открыто – закрыто).

2. Разнесение моментов запуска электродвигателей

Асинхронные электродвигатели имеют большие пусковые токи. Так, компрессоры холодильных машин имеют пусковые токи, в 7–8 раз превышающие рабочие (до 100 А). Если одновременно запустить вентиляторы, холодильные машины и другие приводы, то из-за большой нагрузки на электрическую сеть здания сильно упадет напряжение, и электродвигатели могут не запуститься. Поэтому запуск электродвигателей необходимо разносить по времени.

3. Предварительный прогрев калорифера

Если включить кондиционер, не прогрев водяной калорифер, то при низкой температуре наружного воздуха может сработать защита от замораживания. Поэтому при включении кондиционера необходимо открыть заслонки приточного воздуха, открыть трехходовой клапан водяного калорифера и прогреть калорифер. Как правило, эта функция включается при температуре наружного воздуха ниже 12 °С.

ІВІК

В системах с вращающимся рекуператором сначала включается вытяжной вентилятор, затем начинает вращаться колесо рекуператора, а после его прогрева вытяжным воздухом включается приточный вентилятор.

Таким образом, последовательность включения должна быть следующей: вытяжная заслонка — вытяжной вентилятор — приточная заслонка — рекуператор — трехходовой клапан — приточный вентилятор. Время запуска в летний период составляет 30–40 секунд, в зимний — до 2 минут.

9.3.3.2. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОСТАНОВКИ

1. Задержка остановки вентилятора приточного воздуха

В установках с электрокалорифером необходимо после снятия напряжения с электрокалорифера охлаждать его некоторое время, не выключая вентилятор приточного воздуха. В противном случае нагревательный элемент калорифера (тепловой электрический нагреватель — ТЭН) может выйти из строя.

2. Задержка выключения холодильной машины

При выключении холодильной машины хладагент сосредоточится в самом холодном месте холодильного контура, т. е. в испарителе. При последующем пуске возможен гидроудар. Поэтому перед выключением компрессора сначала закрывается клапан, устанавливаемый перед испарителем, а затем при достижении давления всасывания 2,0–2,5 бара, компрессор выключается. Вместе с задержкой выключения компрессора производится задержка выключения приточного вентилятора.

3. Задержка аакрытия воздушных заслонок

Воздушные заслонки закрываются полностью только после остановки вентиляторов. Так как вентиляторы останавливаются с задержкой, то и воздушные заслонки закрываются с задержкой.

9.3.3.3. РЕЗЕРВИРУЮЩИЕ И ДОПОЛНЯЮЩИЕ ФУНКЦИИ

Дополняющие функции закладываются при работе в схеме нескольких одинаковых функциональных модулей (электрокалориферов, испарителей, холодильных машин), когда в зависимости от затребованной производительности включаются один или несколько элементов.

Для повышения надежности устанавливаются резервные вентиляторы, электронагреватели, холодильные машины. При этом периодически (например, через 100 часов) основной и резервный элементы меняются функциями.

IBIK

9.3.4. ЗАЩИТНЫЕ ФУНКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

К защитным функциям относятся:

- защита водяного калорифера от замораживания;
- защита при выходе из строя вентиляторов или привода вентилятора;
- защита при повышении перепада давления на фильтрах (засорение фильтров);
- защита холодильной машины при отклонении от допустимых значений питающего напряжения, давлений, температур, токов;
- защита электрокалорифера от перегрева и сгорания.

Детально эти функции были рассмотрены выше.

9.3.5. РЕГУЛИРУЮЩИЕ ФУНКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

9.3.5.1. ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Регулирующая функция сводится к поддержанию определенного параметра на заданном уровне при воздействии внешних возмущающих факторов.

Регулировка производится по контуру регулирования, включающему:

- объект управления (нагреватель-охладитель воздуха, камера смешения, вентилятор);
- датчик, определяющий состояние объекта по регулируемому параметру (датчик температуры, влажности, скорости потока, величины электрического тока и т. д.);
- задатчик величины (уровня) поддержания регулируемого параметра (уставка);
- устройство сравнения величины уставки и действительного значения измеряемого параметра;
- устройство выработки сигнала управления;
- регулирующий орган.

На рис. 9.3.6 приведен пример контура регулирования температуры приточного воздуха в канале центрального кондиционера. Температура воздуха поддерживается водяным калорифером, через который пропускается теплоноситель (через трехходовой клапан). Воздух, проходя через калорифер, нагревается. Температура воздуха после водяного калорифера измеряется датчиком, далее ее величина поступает на устройство сравнения измеренного значения температуры и температуры уставки. В зависимости от разности между температурой уставки ($T_{уст}$) и измеренным значением температуры ($T_{изм}$) устройство управления вырабатывает сигнал, воздействующий на электропривод трехходового клапана. Электропривод открывает или закрывает трехходовой клапан до положения, при котором ошибка $\varepsilon = T_{уст} - T_{изм}$ будет минимальной.

IBIK

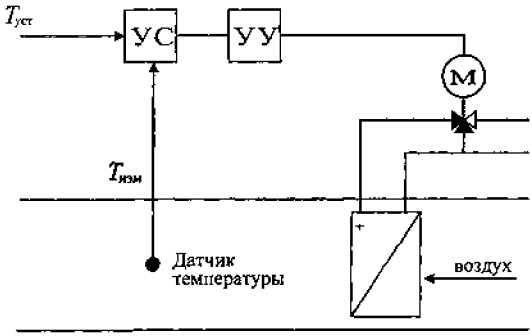


Рис. 9.3.6. Контур регулирования температуры приточного воздуха в канале центрального кондиционера

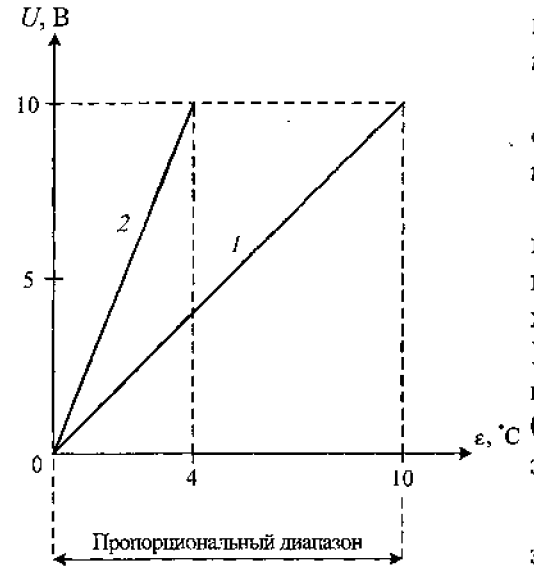


Рис. 9.3.7. График пропорционального регулирования

Выходным сигналом устройства управления (сигнал ошибки) может быть напряжение в определенном диапазоне (например, постоянное напряжение в диапазоне от 0 до 10 В), ток 0–20 мА и т. д.

Если устройство управления выдает сигналы, пропорциональные сигналу ошибки, то такое регулирование называется пропорциональным (рис. 9.3.7)

Диапазон изменения выходного сигнала называется ***диапазоном регулирования.***

Диапазон изменения сигнала ошибки называют ***пропорциональным диапазоном.***

Из графика (рис. 9.3.7) видно, что чем меньше пропорциональный диапазон, тем круче характеристика регулирования. Кривая (*1*) соответствует диапазону изменения температуры 0–10 °С, а кривая (*2*) — диапазону 0–4 °С.

Величина $K_р = \frac{\Delta U}{\varepsilon}$ есть коэффициент регулирования.

В первом случае $K_р = 1$, а во втором $K_р = 2{,}5$.

При больших значениях $K_р$ в контуре регулирования могут возникнуть колебания (рис. 9.3.8). Так, если во время включения системы температура воздуха $T_{изм}$ ниже температуры $T_{уст}$, устройство управления выдает большой сигнал на открытие трехходового клапана.

Температура водяного калорифера и приточного воздуха начнет повышаться. Когда температура приточного воздуха после водяного калорифера достигает уставки ($T_{уст}$), устройство управления выдает команду на закрытие трехходового клапана (t_1).

IBIK

Однако из-за того, что калорифер разогрет, температура приточного воздуха до времени t_2 еще будет расти, а затем начнет снижаться. Этот процесс имеет вид затухающих колебаний, и через определенное время (t_3) процесс стабилизируется.

После стабилизации из-за инерционности системы всегда будет существовать статическая ошибка $\varepsilon = T_{уст} - T_{изм}$. Сигнал на выходе устройства управления будет иметь вид

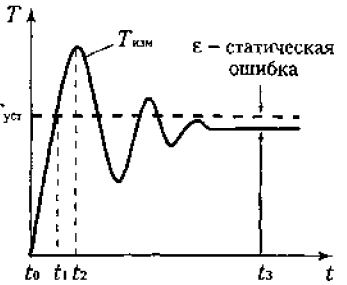


Рис. 9.3.8. Переходной процесс при пропорциональном (П) регулировании

$$U_p = U_0 + K_p \cdot \varepsilon, \qquad (9.3.1)$$

где U_0 — сигнал на выходе устройства управления при $\varepsilon = 0$.

Чем большим выбран пропорциональный диапазон регулирования, тем меньше коэффициент регулирования и больше величина статической ошибки. При малой величине пропорционального диапазона (большем коэффициенте регулирования) увеличивается время переходных процессов, и при некоторых условиях может возникнуть автоколебательный (незатухающий) процесс в контуре регулирования.

9.3.5.2. ИНТЕГРАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Статическую ошибку, возникающую при пропорциональном регулировании, можно исключить путем постоянного суммирования ε за определенный промежуток времени и формирования дополнительного сигнала управления, пропорционального полученной величине.

Математически этот процесс может быть описан следующей зависимостью:

$$U_i = K_i \int_{t_0}^{t_3} (T_{уст} - T_{изм})dt\,. \qquad (9.3.2)$$

где K_i — коэффициент пропорциональности интегральной составляющей.

Если $K_i \neq 0$ то даже при незначительных отклонениях регулируемой величины сигнал U_i со временем может достичь любой величины, что приведет к перемещению регулирующего органа до момента, пока ε не станет равным 0.

Суммарное значение сигнала на выходе устройства управления будет равно сумме пропорциональной и интегральной составляющих:

IBIK

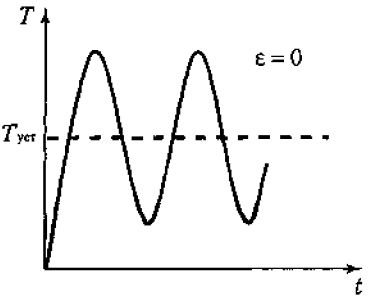


Рис. 9.3.9. Переходной процесс при интегральном (И) регулировании

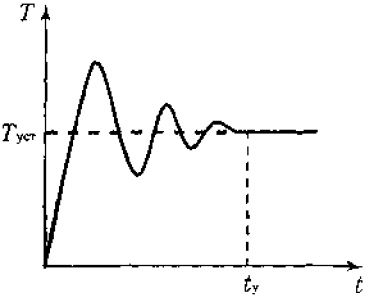


Рис. 9.3.10. Переходной процесс при пропорционально-интегральном (ПИ) регулировании

$$U_{pi} = U_0 + K_p(T_{уст} - T_{изм}) + K_i \int_{t_0}^{t_3} (T_{уст} - T_{изм})dt. \qquad (9.3.3)$$

Устраняя статическую ошибку, интегральный регулятор, однако, ухудшает качество переходного процесса в системе.

На графике (рис. 9.3.10) показан режим регулировки во времени с учетом пропорциональной и интегральной составляющих. Можно видеть, что точность регулирования значительно выросла (ошибка после точки t_y очень маленькая). Однако колебательность переходного процесса, к сожалению, сохранилась.

9.3.5.3. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Для сокращения времени переходных процессов необходимо увеличивать коэффициент K_p. Но при этом увеличивается величина пульсаций, что приводит к обратному эффекту — увеличению длительности переходного процесса. Для уменьшения времени переходных процессов и их влияния на точность регулирования вводят еще одну составляющую, обеспечивающую сглаживание переходных процессов, которая называется дифференциальной:

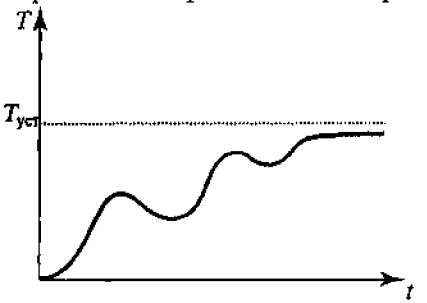


Рис. 9.3.11. Переходной процесс при пропорционально-дифференциальном (ПД) регулировании

IBIK

$$U_d = K_d \frac{d(T_{уст} - T_{изм})}{dt} \quad . \qquad (9.3.4)$$

Дифференциальная составляющая пропорциональна изменению текущей ошибки во времени. При появлении осцилляций (увеличении скорости изменения ошибки) в период регулирования дифференциальная составляющая регулирования оказывает большее влияние, чем пропорциональная и интегральная.

Напряжение на выходе ***пропорционально-интегрально-дифференциального*** регулятора в общем виде будет иметь вид:

$$U_s = U_0 + K_p\varepsilon + K_i \int_{t_0}^{t_3} \varepsilon dt + K_d \frac{d\varepsilon}{dt} \quad . \qquad (9.3.5)$$

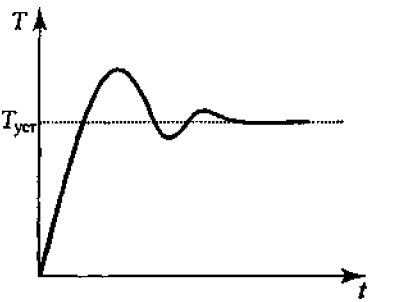


Рис. 9.3.12. Переходной процесс при пропорционально-интегрально-дифференциальном (ПИД) регулировании

График выходного сигнала ПИД-регулятора на режим регулирования показан на рис. 9.3.12. Точность поддержания заданного параметра T более высокая, а переходной процесс значительно сократился.

9.3.6. АППАРАТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ

Основными элементами контура регулирования являются устройство сравнения и устройство управления, которые получили название управляющих контроллеров. Контроллер состоит из следующих основных частей (рис. 9.3.13):

- устройство ввода-вывода;
- логическое устройство;
- постоянное запоминающее устройство (ПЗУ);
- перепрограммируемое запоминающее устройство (ППЗУ);
- индикатор.

IBIK

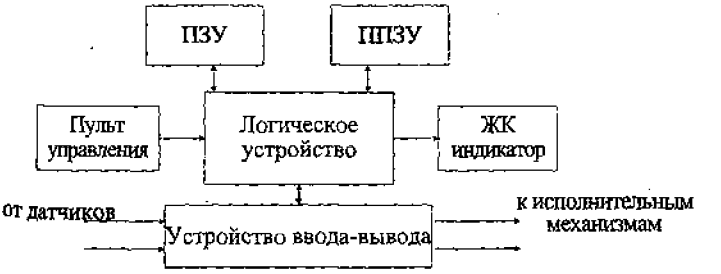


Рис. 9.3.13. Блок-схема управляющего контроллера

Устройство ввода-вывода

В замкнутой цепи регулирования сигналы от датчиков должны сравниваться с уставками и в зависимости от разности этих величин должны вырабатываться определенные команды для управления исполнительными механизмами.

Входные сигналы от датчиков могут быть разнообразными. Это изменение сопротивления датчика, тока, напряжения в аналоговой или цифровой форме. Исполнительные механизмы могут приводиться в движение двигателями или электромагнитами. Поэтому устройство ввода-вывода должно обеспечивать прием и обработку сигнала любого вида от датчиков, преобразовывать их в цифровой код и передавать для дальнейшей обработки логическим устройством. Выходы команд на исполнительные механизмы также могут быть как аналоговыми, так и цифровыми.

Логическое устройство предназначено для выполнения команд, поступающих с пульта управления и запоминающих устройств. Логические устройства производят математические и логические операции, обеспечивают связь между устройствами ввода-вывода, ПЗУ, ППЗУ, индикаторами, выполняют пропорциональное, интегральное и дифференциальное регулирование.

В постоянное ЗУ записываются программы заводом-изготовителем. В некоторых сериях так называемых "свободно программируемых" контроллеров алгоритм работы системы кондиционирования записывается в перепрограммируемое ЗУ монтажной организацией или пользователем.

Логические и математические операции осуществляются на базе операционных (дифференциальных) усилителей.

Упрощенная принципиальная электрическая схема и условное обозначение операционного усилителя приведена на рис. 9.3.14. При подаче на выходы схемы 1 сигналов x и y на выходе будет сигнал $U_p = K_p(y-x)$, где K_p – коэффициент усиления, который регулируется сопротивлением обратной связи (R_{oc}).

IBIK

Схема 1.

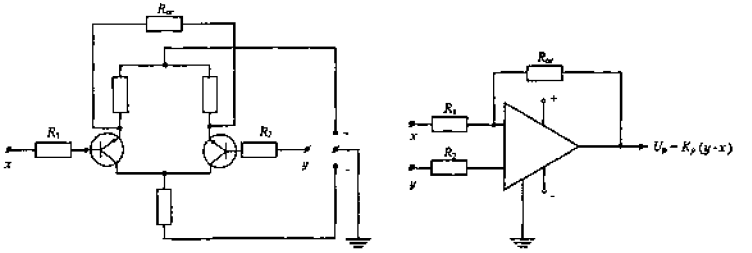


Схема 2.

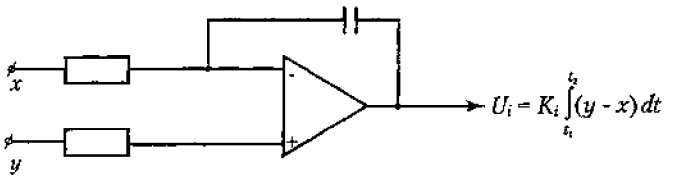


Схема 3.

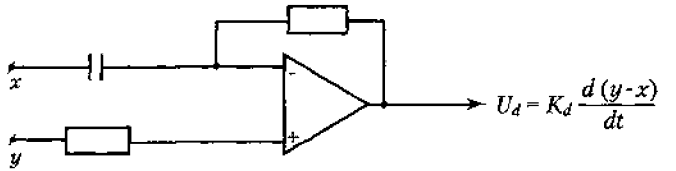


Схема 4.

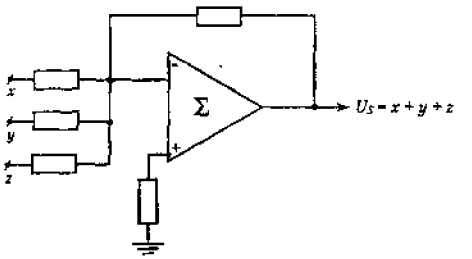


Рис. 9.3.14. Принципиальная электрическая схема и реализация математических операций с помощью операционного усилителя

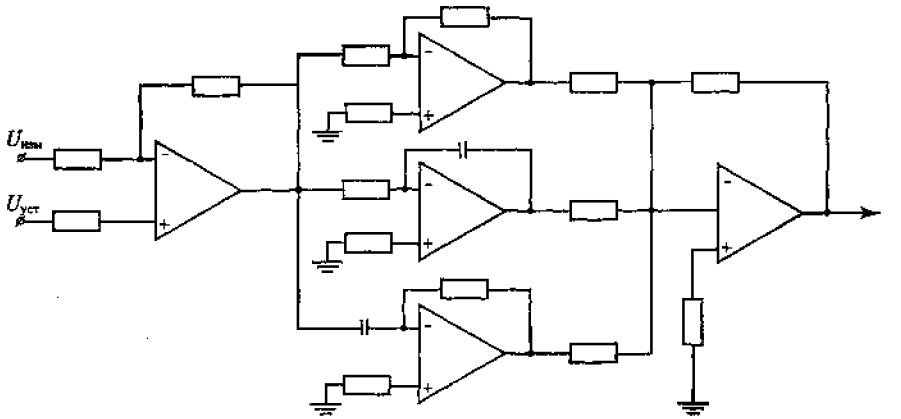


Рис. 9.3.15. Принципиальная схема ПИД-регулятора

Исходя из приведенных схем, реализация функции регулирования с пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющими (ПИД-регулятор) может быть осуществлена схемой (рис. 9.3.15).

В запоминающем устройстве контроллера заложены различные функции, выполняющие логические и математические операции: ПИД-регуляторы, задержки во времени, схемы сравнения и т. д. Используя эти функциональные элементы, можно реализовать любой алгоритм работы системы вентиляции и кондиционирования.

Имеются контроллеры, специально предназначенные для выполнения определенных задач. Например, управления бытовыми приборами, светофорами, лифтами, системами кондиционирования и т. д. В них программа закладывается на заводе-изготовителе, а пользователь через устройство ввода задает исходные данные выборки и последовательность исполнения определенных программ. Например, в автоматической стиральной машине можно задать вид ткани, которую необходимо постирать, массу, степень загрязненности, а контроллер из разнообразных алгоритмов обработки выберет оптимальный. В данном случае пользователь или механик сервисной службы не могут изменить алгоритм работы машины. Такие контроллеры называют жестко программируемыми.

В запоминающем устройстве свободно программируемых контроллеров также имеется набор оптимальных функций (объектов), но они не связаны между собой никакими связями. Потребитель (программист, инженер-автоматчик) может самостоятельно выбрать необходимые элементы и соединить их по составленным им самим алгоритмам. Такие контроллеры можно использовать для решения задач управления в любых технологических циклах с любыми алгоритмами.

Примером контроллера с жесткой программой может служить контроллер ТРМ-2 (Россия), реализующий пропорциональное регулирование температуры (рис. 9.3.16). В контроллере имеется два входа для датчиков температуры. Сигналы от датчиков температуры с помощью аналогово-цифровых преобразователей (АЦП) преобразуются в цифровой код и поступают на цифровой фильтр. В цифровом фильтре происходит анализ каждых трех измерений. Если одно из трех измерений сильно отличается от других, оно не учитывается или усредняется с предыдущими измерениями. Затем сигнал поступает в логическое устройство, где обрабатывается и преобразуется в сигнал управления (аналоговый или цифровой).

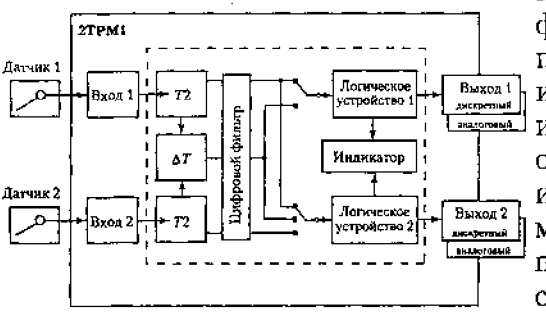


Рис. 9.3.16. Блок-схема контроллера 2ТРМ1 (Россия)

IBIK

Свободно программируемые контроллеры рассмотрим на примере контроллеров серии MN фирмы Satchwell Control Systems (Англия).

Выпускается ряд контроллеров для управления любыми объектами на единой элементной базе. Введя в контроллер программу, можно осуществлять управление от светофоров до технологических линий.

Контроллеры серии MicroNet (MN 300, MN 440, MN 500, MN 620) представляют собой свободно программируемые устройства, предназначенные для управления установками кондиционирования воздуха и вентиляции, системами централизованного теплоснабжения и холодильными установками.

Таблица 9.3.1. Технические характеристики контроллеров серии MN (Satchwell, Англия)

Тип	Универсальные входы 0–10 В	Цифровые входы	Аналоговые выходы	Командные выходы
MN 300	8	—	—	4 (сим.) +3 (реле)
MN 440	6	—	3 (0–10В)	6 (симистор)
MN 500	10	2	4 (0–10В)	6 (реле)
MN 620	12	8	4 (0–10В)	8 (симистор)

Контроллер МН-300 имеет 8 входов и 7 выходов; МН-440 – 6 входов и 6 выходов; МН-620 – 20 входов и 8 выходов. Один контроллер может управлять несколькими объектами, несколько контроллеров можно объединять в локальную сеть (рис. 9.3.18)



Рис. 9.3.17. Жидкокристаллический индикатор и мнемосимволы дисплея MN-Touch

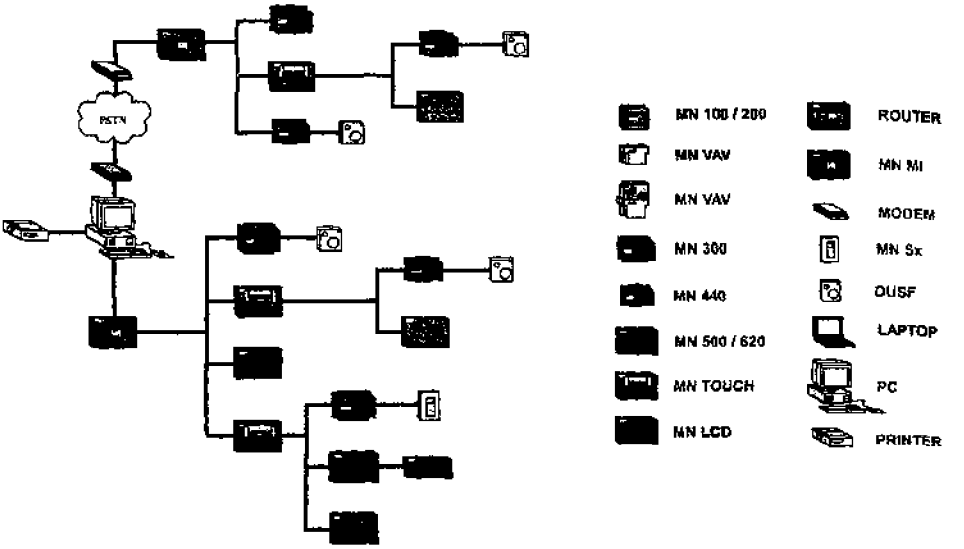


Рис. 9.3.18. Контроллеры, объединенные в сеть

Логическое устройство контроллера выполняет логические и математические операции, в том числе ПИД-регулирование. Используя программные блоки, соединяя их между собой, можно реализовать любой алгоритм управления объектом (рис. 9.3.19).

Для программирования контроллеров серии MN используется объектно-ориентированное программирование. Функциональные модули (объекты) размещаются в компьютерной программе — инструментальном средстве программирования — в виде мнемосхемы и соединяются между собой связями. Кроме того, некоторые объекты имеют набор редактируемых свойств. После автоматической компиляции готовой программы (перевода на язык ассемблера, используемого в контроллере микропроцессора) программа записывается в ППЗУ контроллера.

Имеется дистанционный дисплей MN-Touch (рис. 9.3.17) с сенсорным экраном и свободно программируемой системой меню, с помощью которого можно просматривать, запрашивать и изменять параметры настройки контроллера. К контроллеру можно подключить дополнительный жидкокристаллический дисплей MN-LCD, состоящий из четырех строк алфавитно-цифровой информации, кнопки перемещения по пунктам программы (меню), кнопки выбора пункта меню, подтверждения ввода, кнопки для ввода числовых значений, кнопки возврата на один уровень меню вверх (ESC). Системное меню содержит меню верхнего уровня, заставку из четырех строк: текущее системное время, текущая температура наружного воздуха (temp. outside), аварийный сигнал (system alarm) и ярлыки, отражающие состояние элементов системы (насоса, вентилятора, котла и т. д.).

IBIK

Программирование контроллеров типа MN осуществляется с помощью пакета сервисного программного обеспечения VisiSat Configuration Tool.

Работа контроллеров MN возможна как в автономном режиме, так и в составе сети передачи данных LonWorks FTT-10 Free Topology, NCP или ARCNET.

Оборудование и программное обеспечение основывается на концепции "bus-du-jour" (сеть на каждый день).

Для изменения типа сети достаточно заменить коммутационную плату в контроллере. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать технические и финансовые ресурсы при создании систем управления.

Сеть NCP (9,6 Кбит/с) является наиболее простой, недорогой и применяется в системах, где не требуется открытый протокол и прямой обмен данными между контроллерами.

Сеть ARCNET предполагает непосредственный обмен данными и обеспечивает наиболее высокую скорость – 156 Кбит/с.

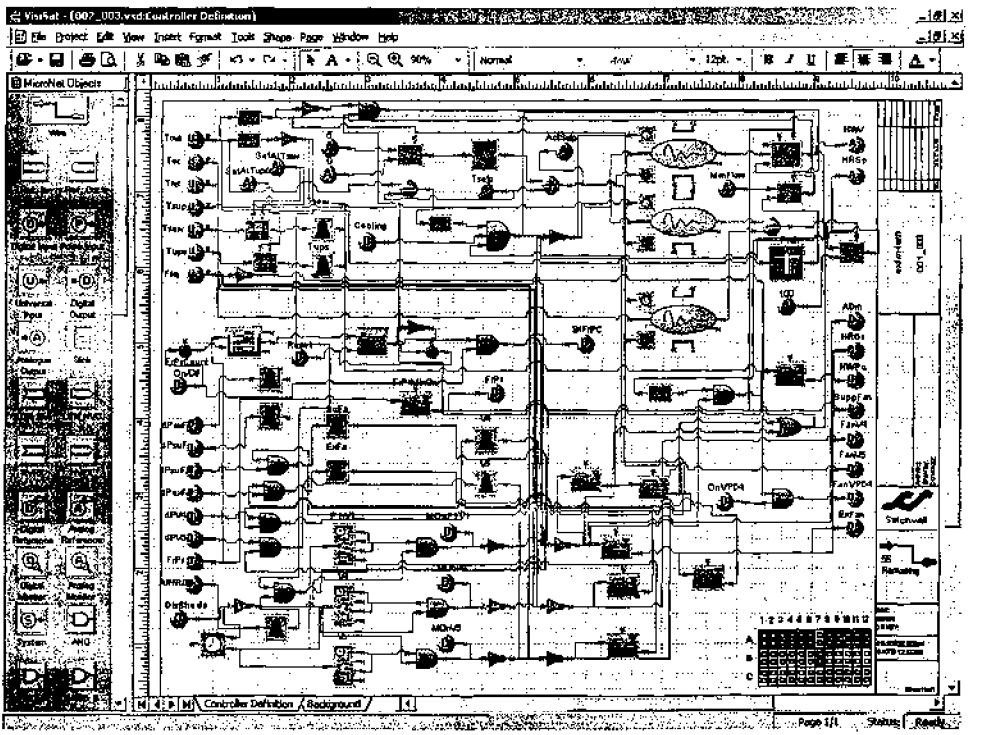


Рис. 9.3.19. Проектирование автоматического управления системой кондиционирования воздуха на персональном компьютере

IBIK

Сеть LonWorks (78 Кбит/с) — максимально гибкая, открытая и предполагает простую интеграцию LonMark-совместимого оборудования в единую систему.

Отображение состояния оборудования и управление его параметрами выполняются локальными средствами индикации и управления, а также одним или несколькими операторскими терминалами с программным обеспечением MicroNet View в операционной системе Windows 2000.

Система визуализации и управления может быть реализована как на одном компьютере, так и как распределенная многотерминальная структура на базе технологии "клиент–сервер".

Функции обмена данными между контроллерами и операторским терминалом реализуются через серверы ввода-вывода. Большие библиотеки стандартных серверов ввода-вывода предоставляют возможность управления оборудованием других производителей, что упрощает его интеграцию в единую систему управления.

На персональный компьютер может выводиться мнемосхема как при проектировании алгоритма работы, так и при контроле над текущим состоянием элементов контура регулирования.

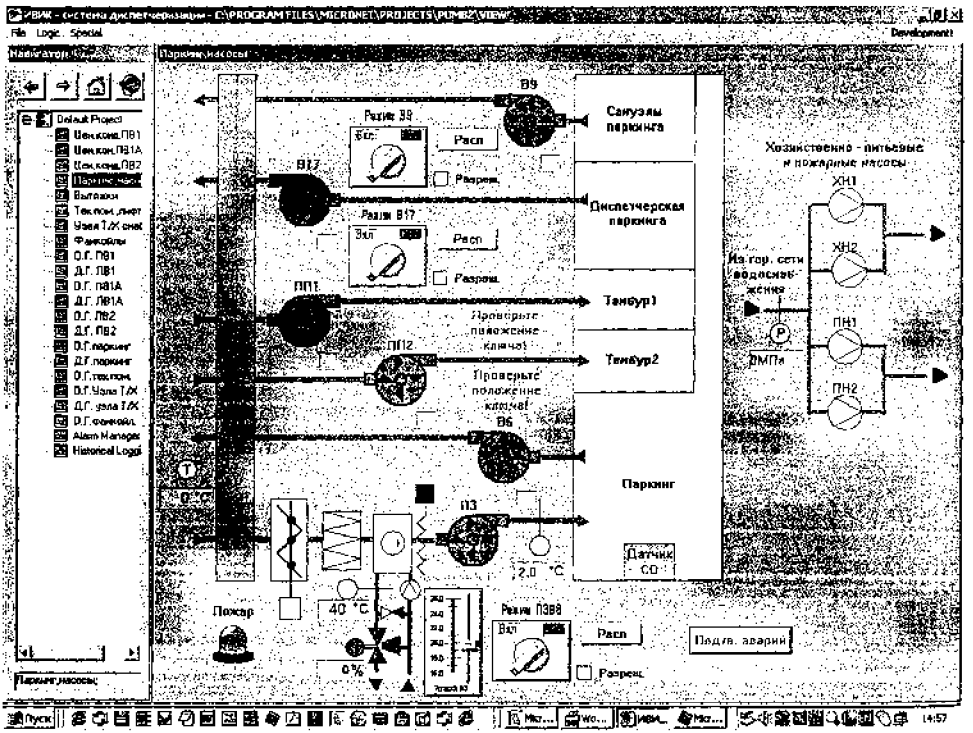


Рис. 9.3.20. Анимированная мнемосхема состояния исполнительных и управляющих элементов паркинга

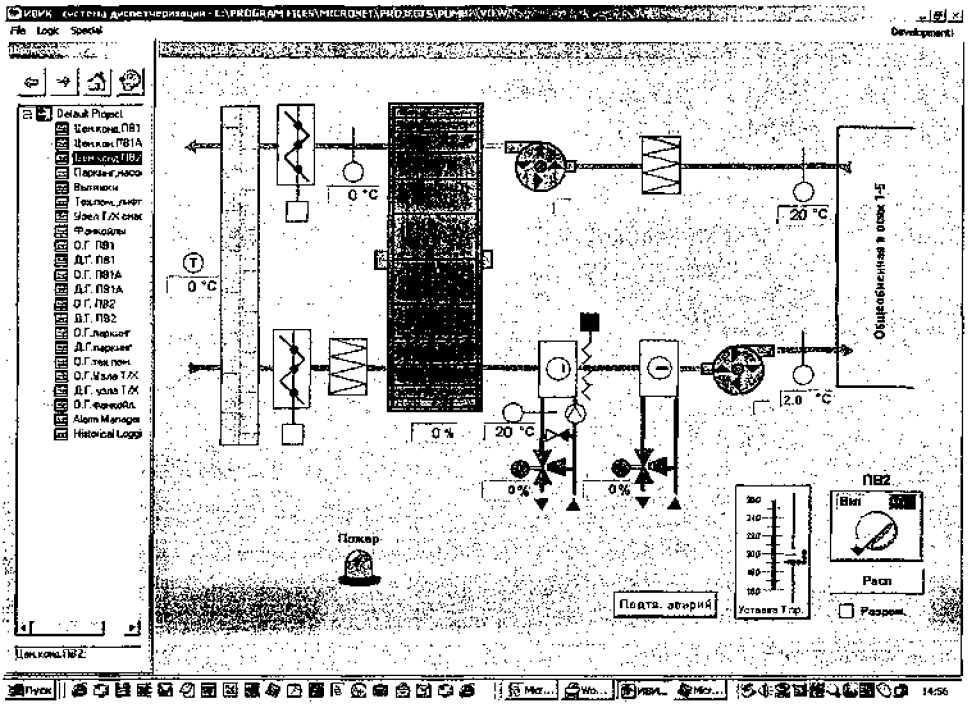


Рис. 9.3.21. Анимированная мнемосхема состояния исполнительных и управляющих элементов в центральном кондиционере с рекуперацией воздуха

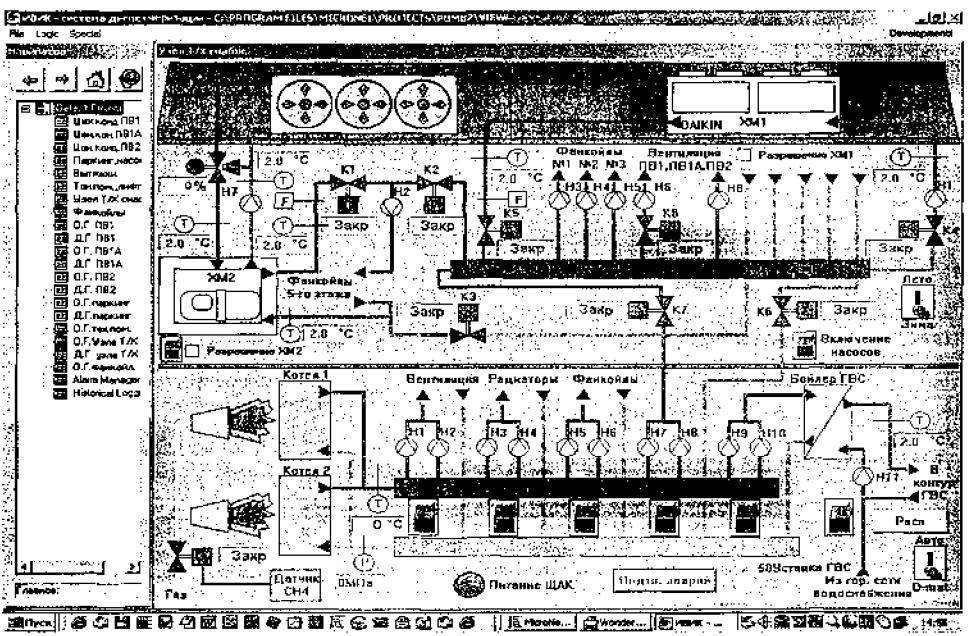


Рис. 9.3.22. Анимированная мнемосхема состояния исполнительных и управляющих элементов в теплопункте жилого дома

IBIK

При проектировании выбираются стандартные программные блоки (рис. 9.3.19, панель слева) и переносятся мышкой компьютера на чертеж. Затем выбранные блоки соединяются в соответствии с разработанным алгоритмом. В процессе отработки и наладки системы программные боки и связи между ними можно менять.

Для облегчения эксплуатации создается мнемосхема системы. Каждый элемент мнемосхемы анимирован, то есть на схеме изображается, работает или выключен элемент (заслонка, насос, холодильная машина), положение исполнительного механизма, а также параметры контура регулирования, такие как температура, давление, загазованность).

На рис. 9.3.21 отображена анимированная мнемосхема работы центрального кондиционера с вращающимся рекуператором, описанного в разделе 9.3.2.

Так, если есть котел и газовая магистраль с вентилем, который регулирует подачу газа в котел, то можно наблюдать положение этого вентиля, давление и температуру в гребенке и т. д. (рис. 9.3.22). Можно задать критические значения параметров, при которых сработает система защиты.

Таким образом, контроллер выполняет функции управления, защиты и регулирования.

Так, в системе вентиляции паркинга (рис. 9.3.20) можно управлять контуром дымоудаления, независимым вентилятором, пожарными насосами. Все измеренные параметры отображаются в виде графика на экране персонального компьютера.

Кроме графиков, существует журнал работы системы, в котором фиксируется каждое событие с момента включения системы.

При наличии нескольких разнесенных объектов можно организовать сеть через коммутационное устройство и модем, подключаемый к персональному компьютеру.

Коммутационное устройство накапливает протокол в течение нескольких суток, связывается с главным сервером и передает ему эти данные. В современных системах ставят модем стандарта GSM, который позволяет общаться с центральным компьютером и в критических ситуациях посылать сообщения (SMS) на мобильные телефоны служащих для оперативного реагирования.

Для управления одним контроллером используется панель управления MN-LCD. Если есть несколько контроллеров, то управление осуществляется с помощью интерфейса Touch Screen, который имеет графический дисплей, элементы анимации. Обращаться к объекту на мнемосхеме можно, касаясь его изображения на экране. Например, при касании надписи Disable Sheet блокируется расписание. Символ вентилятора показывает, вращается вентилятор или остановлен. Аварийный сигнал отображается подсвеченным колокольчиком, используются

IBIK

различные шкалы с символами. В меню Service можно отключать отдельные блоки и устройства, задавать новые параметры, проверять работоспособность устройств и отдельных элементов.

9.3.7. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Нечеткая логика оперирует не цифровыми, а лингвистическими понятиями. Дадим лингвистическую оценку возрасту человека. Человек может быть "очень молодой", "молодой", "старый" и т. д. До 16 лет человек еще даже не "очень молодой", но можно определить его как и "очень молодой" с некоторым коэффициентом — рангом. Так, воэраст 14 лет может быть оценен как "ребенок" с рангом

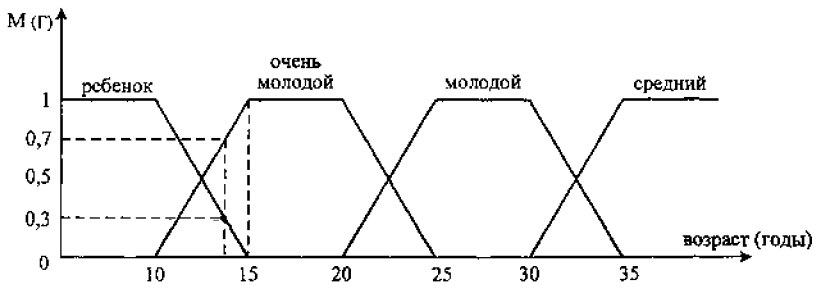


Рис. 9.3.23. Нечеткое множество для определения возраста человекв

0,3 или "очень молодой" с рангом 0,7, а возраст 17 лет может быть оценен как "очень молодой" с рангом 1,0 (рис. 9.3.22). После 30 лет человек считается уже не молодым, но еще и не старым. Здесь ранг термина "молодой" может принимать значения от 0 до 1. Чем больше возраст человека, тем меньше становится его принадлежность к соответствующему термину (терму), т. е. ранг будет стремиться к нулю.

Таким образом, может быть получено некоторое множество, описывающее понятие молодости для всего диапазона возрастов человека.

Ключевыми понятиями нечеткой логики являются:

- фаззификация — преобразование множества значений аргумента (x) в некоторую функцию принадлежности $M(x)$, т. е. перевод значений (x) в нечеткий формат;
- дефаззификация — процесс обратный фаззификации.

Системы с нечеткой логикой функционируют по следующему принципу: показания измерительных приборов фаззифицируются (переводятся в нечеткий формат), обрабатываются, дефаззируются и затем в виде обычных сигналов подаются на исполнительные устройства.

IBIK

9.3.7.1. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КОНДИЦИОНЕРАМИ

Холодопроизводительность, которую необходимо выработать кондиционером, определяется разностью между температурой в помещении и температурой, которую мы хотели бы получить (температура уставки). Эта переменная лингвистически может быть сформулирована как "разность температур" и принимать значения "малая", "средняя" и "большая". Естественно, чем больше разность температур в данный момент, тем больше должна быть холодопроизводительность.

Второй лингвистической переменной определим "скорость изменения температуры" в помещении, которой также дадим лингвистические значения "малая", "средняя" и "большая". Если скорость изменения температуры большая, то требуется большая холодопроизводительность. По мере приближения температуры в помещении к температуре уставки скорость изменения температуры в помещении будет уменьшаться, а холодопроизводительность кондиционера будет снижаться.

Холодопроизводительность является выходной переменной, которой присваиваются следующие термы: "очень малая", "малая", "средняя", "большая" и "очень большая".

Связь между входом и выходом занесем в таблицу нечетких правил.

Каждая запись соответствует своему нечеткому правилу. Например,

Скорость изменения температуры	Разность температур		
	малая	средняя	большая
малая	очень малая	малая	средняя
средняя	малая	средняя	большая
большая	средняя	большая	очень большая

если разность температур средняя, а скорость изменения большая, то холодопроизводительность должна быть большая.

Кондиционер с нечеткой логикой работает по следующему принципу: данные от датчиков будут фаззифицированы, обработаны, и полученные данные в виде сигналов поступят на двигатель компрессора, скорость вращения которого (а, следовательно, и производительность) будут меняться в соответствии со значением функции принадлежности.

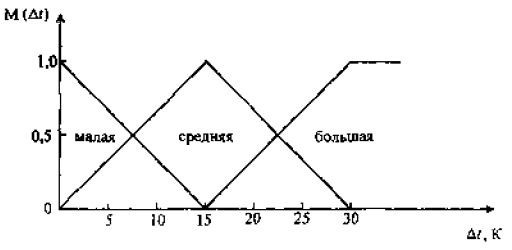


Рис. 9.3.24. Функция принадлежности для лингвистического аргумента "разность температур"

Построим две функции принадлежности: в одном случае аргументом является разность температур (Δt) (рис. 9.3.24), а во втором — скорость изменения температуры (V_t) (рис. 9.3.24).

Для первой функции диапазон температур составляет от 0 до 30 К, для второй — от 0 до 2 К/мин.

IBIK

Результат совместного влияния двух функций принадлежности $M_\Sigma = f\left[M(\Delta t), M(V_t)\right]$ на значение выходного параметра "холодопроизводительность" определяется соответствующей программой, заложенной в логическое устройство.

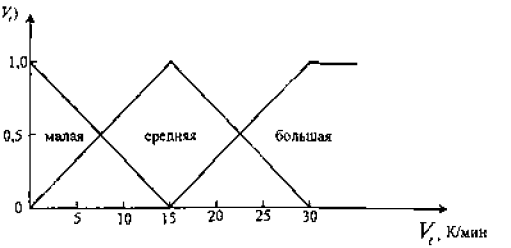


Рис. 9.3.25. Функция принадлежности для лингвистического аргумента "скорость изменения температуры"

Учитывая, что холодопроизводительность пропорциональна частоте вращения компрессора, можно построить зависимость результирующей функции принадлежности M_Σ от частоты вращения компрессора, придав лингвистическим термам скорость вращения компрессора с рангом 1,0 следующие значения (рис. 9.3.25):

- малая — 37 Гц;
- средняя — 62 Гц;
- большая — 87 Гц;
- очень большая — 115 Гц.

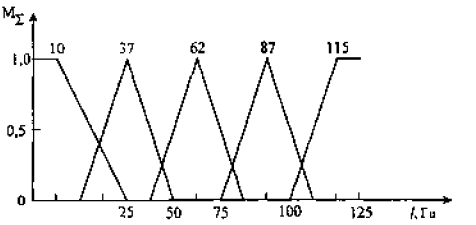


Рис. 9.3.26. Зависимость параметра "частота вращения компрессора" от значения суммарной функции принадлежности

Таким образом, найдя лингвистическим методом суммарную функцию принадлежности, после дефаззификации можно перейти к четкому значению выходного параметра холодопроизводительности или частоте вращения компрессора (рис. 9.3.26).

9.3.7.2. СТРУКТУРА МИКРОКОНТРОЛЛЕРА С НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКОЙ

Микроконтроллер, реализующий нечеткую логику, содержит в своем составе следующие составные части: блок фаззификации, базу знаний, логическое устройство, блок дефаззификации (рис 9.3.27).

Блок фаззификации преобразует четкие величины, измеренные на выходе объекта управления, в нечеткие величины, описываемые лингвистическими переменными.

Логическое устройство использует нечеткие условные правила, заложенные в базе данных, для преобразования нечетких входных данных в управляющие воздействия, которые носят также нечеткий характер.

Блок дефаззификации преобразует нечеткие данные с выхода блока решений в четкую величину, которая используется для управления объектом.

IBIK

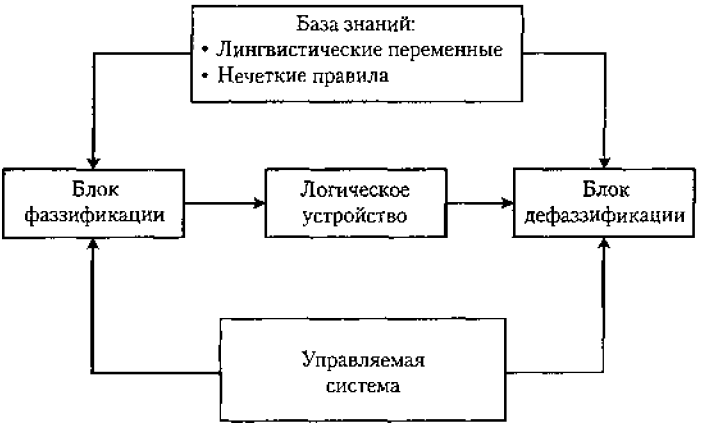


Рис. 9.3.27. Блок-схема микроконтроллера, реализующего нечеткую логику

Для создания наиболее благоприятного микроклимата в помещении используется способ, получивший название "нейро и нечеткая логика" (Neuro & fuzzy logic).

Нейротехнология – это новая технология управления, в которой в качестве модели используется нейронная система.

Данный способ заключается в использовании параметров PMV (Predicted Mean Voice – предсказанное усредненное голосование), определяющих для человека комфорт окружающей среды.

Система измеряет температуру в помещении и автоматически выбирает режим работы. Выбор основывается на практическом анализе – за эталон берутся стандартные предпочтения людей, пользующихся системой. В качестве входных параметров используются факторы, определяющие комфорт человека: температура, влажность, интенсивность воздушных потоков, радиация, качество одежды и интенсивность тепла тела. При использовании этих величин новая система управления MHI расходует электроэнергии на 20 % меньше.

Этот способ обеспечивает:

- изменение температуры в соответствии с санитарными нормами (отсутствие резкого перепада температур в помещении, допустимая скорость потока воздуха и др.);
- установку необходимой холодопроизводительности;
- выбор режима работы и установку температуры, исходя из температуры в помещении и температуры наружного воздуха;
- выбор оптимального (комфортного) распределения воздуха и интенсивности потока воздуха;
- минимальное время выхода на заданный режим;
- минимальный расход электроэнергии.

IBIK

Раздел 10

Вентиляторы и вентиляционные сети

10.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Вентилятором называется устройство, предназначенное для создания избыточного давления воздуха или другого газа (до 15 кПа) при организации воздухообмена, транспортировании аэросмесей по трубопроводам и пр.

В СКВ наибольшее применение находят осевые и центробежные вентиляторы.

Осевым вентилятором называется вентилятор, в котором воздух (или газ) перемещается вдоль оси рабочего колеса, приводимого в движение электродвигателем.

В центробежных вентиляторах перемещение воздуха происходит под воздействием центробежных сил, которые возникают при вращении рабочего колеса. Преобразование кинетической энергии воздуха в потенциальную, то есть повышение давления воздуха при уменьшении скорости, обеспечивается расширяющейся частью корпуса — диффузором.

Вентиляторы соединяются с электродвигателем непосредственно (жесткое соединение, эластичная муфта) или через передачу (клиноременная, механическая регулируемая).

10.1.1. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Центробежный вентилятор состоит из спирального кожуха и рабочего колеса с лопатками. При вращении рабочего колеса воздух попадает в каналы между его лопатками и вытесняется ими к периферии колеса. Под действием центробежных сил воздух отбрасывается в спиральный кожух и далее направляется в нагнетательное отверстие.

IBIK

Изготавливаются вентиляторы одностороннего и двухстороннего всасывания, правого и левого вращения.

Центробежные вентиляторы по создавасмой разности полных давлений (при плотности воздуха на входе ρ =1,2 кг/м^3) можно разделить на три группы:

- низкого давления — с разностью полных давлений до 100 Па;
- среднего давления — до 300 Па;
- высокого давления — до 1500 Па.

Центробежные вентиляторы также могут быть:

- общего назначения;
- специального назначения.

Вентиляторы общего назначения предназначены для перемещения воздуха и других газовых смесей, агрессивность которых по отношению к углеродистым сталям обычного качества не превышает агрессивность воздуха с температурой до 80 °С. Кроме этого, переносимые воздух и газовые смеси не должны содержать пыль и другие твердые примеси в количестве, превышающем 100 мг/м^3, а также липкие вещества и волокнистые материалы. Для вентиляторов двустороннего всасывания с расположением ременной передачи в перемещаемой среде температура перемещаемой среды не должна превышать 60 °С.

Радиальные вентиляторы имеют диаметр колес от 0,25 до 2,0 м. Колесу присваивается номер, выраженный в дециметрах (2,5–20), который численно равняется диаметру колеса.

Вентиляторы специального назначения применяются для работы в агрессивных средах: для перемещения газа с высокой температурой, газопаровоздушных, взрывоопасных смесей и др.

По назначению эти вентиляторы подразделяются на пылевые, коррозионно-стойкие, искрозащищенные, тягодутьевые, шахтные, мельничные и др.

Вентиляторы, предназначенные для перемещения невзрывоопасных неабразивных пылегазовоздушных смесей с различными механическими примесями, называются ***пылевыми***. В обозначении этих вентиляторов добавляется буква П.

Пылевые вентиляторы применяются для удаления древесных стружек, металлической пыли от станков, пневмотранспорта для зерна и в других целях. Чтобы транспортируемые материалы не застревали в рабочем колесе и корпусе, число лопаток делается небольшим и увеличивается зазор между входным патрубком и колесом. Вследствие этого КПД пылевых вентиляторов низкий.

В конструкциях ***коррозионно-стойких*** вентиляторов, предназначенных для перемещения агрессивных смесей, применяются материалы, устойчивые к воздействию этих смесей (нержавеющая сталь, титановые сплавы, винипласт, полипропилен).

IBIK

Искрозащищенные вентиляторы подразделяются на вентиляторы с повышенной защитой от искрообразования и искробезопасные.

В вентиляторах ***с повышенной защитой от искрообразования*** предусмотрены меры, обеспечивающие защиту от возникновения опасных искр только в режимах нормальной работы вентилятора. Такие вентиляторы изготавливаются из алюминиевых сплавов или разнородных металлов.

В искробезопасных вентиляторах предусмотрены меры защиты от искрообразования как при нормальной работе, так и при возможном кратковременном трении рабочего колеса о корпус вентилятора. Эти вентиляторы выполнены на основе алюминиевых сплавов с антистатическим пластмассовым покрытием (графитонаполненный полиэтилен или графитонаполненный пентопласт). Электропривод имеет взрывозащищенное исполнение.

Тягодутьевые вентиляторы различают двух видов: дымососы и дутьевые.

Дымососы применяют для отсасывания дымовых газов с температурой до 200 °С. Поскольку газы содержат твердые частицы золы, вызывающие износ деталей дымососа, лопатки рабочего колеса делают утолщенными, а внутреннюю поверхность обечайки корпуса покрывают броневыми листами. Ходовая часть дымососов имеет охлаждающий элемент в виде термомуфты или змеевика охлаждения масла в узле подшипников. Поэтому корпусы подшипников ходовой части дымососов изготавливают в виде литых или сварных коробок, внутри которых находится масло. В обозначении дымососа, например DH-15, используются следующие индексы: D — дымосос, H — лопатки рабочего колеса загнуты назад, 15 — диаметр рабочего колеса в дециметрах.

Дутьевые вентиляторы предназначены для подачи воздуха в топочные камеры котельных установок. Изготавливаются дутьевые вентиляторы номеров 8–36.

Вентиляторы горячего дутья типа ВГД и ГД предназначены для подачи первичного воздуха с температурой до 400 °С. Устанавливать дутьевые вентиляторы можно только после аппаратов очистки. До вентиляторов и после них необходимо устанавливать тепловые компенсаторы расширения проводящих и отводящих участков сети.

Мельничные вентиляторы предназначены для пневматического транспортирования неагрессивной угольной пыли в системах пылеприготовления котлоагрегатов.

Шахтные вентиляторы используют в вентиляционных системах рудников для обеспечения больших расходов и давлений воздуха.

IBIK

10.1.2. ДИАМЕТРАЛЬНЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Диаметральный вентилятор имеет рабочее колесо барабанного типа и несимметричный коленообразный корпус. Несимметричное расположение рабочего колеса обеспечивает образование потока воздуха в сторону меньшего сечения. Диаметральные вентиляторы с широкими колесами могут подсоединяться непосредственно к воздуховодам, имеющим сечение в форме вытянутого прямоугольника. Диаметральные вентиляторы могут создавать значительные давления даже при невысоких окружных скоростях рабочих колес, поскольку поток воздуха дважды пересекает лопаточное колесо.

Однако диаметральные вентиляторы имеют низкий КПД. По этой причине они применяются в установках, в которых требуется плоский равномерный поток воздуха одинаковой ширины, а именно в воздушных завесах, фанкойлах, внутренних блоках сплит-систем.

10.1.3. ОСЕВЫЕ ВЕНТИЛЯТОРЫ

Осевые вентиляторы применяются в системах приточно-вытяжной вентиляции при суммарных потерях полного давления вентиляционной сети до 35 Па. Максимальная окружная скорость рабочего колеса — до 60 м/с.

10.2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЯТОРОВ

1. Объемный расход воздуха

Объемный расход воздуха вентилятора L — величина объема воздуха v, подаваемого вентилятором через некоторую поверхность S за единицу времени t.

$$L = \frac{v}{t} \text{ м}^3/\text{с } (\text{м}^3/\text{ч}). \qquad (10.2.1)$$

Массовый расход воздуха, создаваемый вентилятором, определяется по формуле:

$$M = \rho \cdot V \cdot S, \text{ кг/с}, \qquad (10.2.2)$$

где ρ — плотность воздуха, кг/м^3;

V — скорость потока воздуха, м/с.

Это уравнение является следствием из закона сохранения массы. Из уравнения видно, что в течение некоторого промежутка времени возрастание массы, находящейся в данном объеме, должно быть равно массе среды, поступающей в этот объем, то есть

IBIK

$$\rho \cdot V \cdot S = \text{const.} \qquad (10.2.3)$$

При этом следует помнить, что если рассматривается поток в воздуховоде, то V является средней скоростью, так как вдоль стенок воздуховода скорость равна нулю (пограничный слой), затем она возрастает и достигает максимума на линии оси симметрии потока.

Это утверждение не относится к сжимаемым средам, например, газам или парам в процессе сжатия или расширения.

2. Давление

Давление (напор) — энергия, которую приобретает единица объема газа, проходящая через вентилятор. В соответствии с законом сохранения энергии, полная механическая энергия идеальной несжимаемой среды в стационарном течении сохраняется постоянной. На основании этого закона Бернулли (швейцарский математик, 1700—1782) выведено уравнение:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{ст}} + \rho\frac{V^2}{2}, \qquad (10.2.4)$$

где $P_{\text{п}}$ — полное давление, Па;

$P_{\text{ст}}$ — статическое давление, Па;

ρ — плотность (газа), кг/м^3;

V — средняя скорость газа, м/с;

$\rho\frac{V^2}{2}$ — скоростной напор или динамическое давление, Па.

На рис. 10.2.1 показано распределение давления в воздуховодах с избыточным давлением и разряжением. Измерение этих давлений производится трубками Пито или Прандля.

Рассмотрим воздушный поток, двигающийся по воздуховоду со скоростью V. Если один вход дифференциального манометра подключить к трубке отбора давления, ось которой находится на

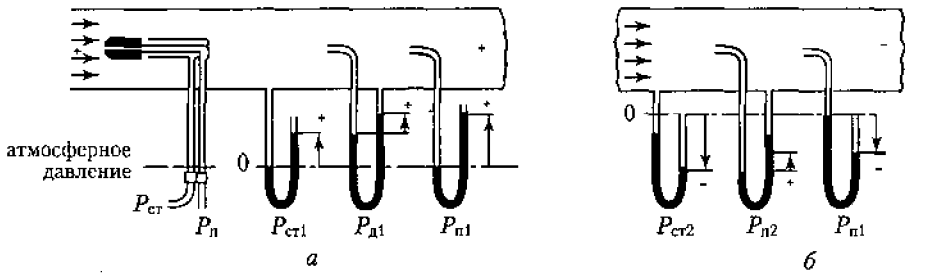


Рис. 10.2.1. Распределение давлений в воздуховодах:
а — с избыточным давлением; *б* — с разрежением

стенке воздуховода и перпендикулярна вектору скорости воздушного потока, а второй вход сообщен с атмосферой, то дифференциальный манометр, измеряющий разность давлений, покажет величину статического давления $P_{ст}$.

Если трубку отбора давления поместить в центре потока, повернув отверстие трубки навстречу потоку, а второй сообщить с атмосферой, то дифференциальный манометр покажет полное давление $P_{п}$.

Если отверстие трубки отбора давления поместить в центре потока, а второй вход подключить к стенке воздуховода, то на входном конце будет полное давление, а на выходном — статическое. Разность этих давлений есть скоростной напор или динамическое давление. Исходя из уравнения Бернулли,

$$V_{ср} = \sqrt{\frac{2P_{д}}{\rho}}, \qquad (10.2.5)$$

Для воздуха, приняв $\rho = 2$ кг/м^3 получим $V_{ср} = 1{,}3\sqrt{P_{д}}$; $P_{д} = 0{,}6V^2$.

3. Коэффициент полезного действия вентилятора

Если каждой единице объема воздуха, прошедшей через вентилятор, сообщается давление ΔP, то полезная мощность воздуха, выходящего из вентилятора, составит:

$$N_{п} = \Delta P \cdot L. \qquad (10.2.6)$$

Электродвигатель вентилятора потребляет электрическую мощность $N_{э}$. Эта мощность преобразуется в механическую мощность на валу электродвигателя $N_{в}$. Мощность на валу меньше потребляемой мощности и зависит от КПД электродвигателя $\eta_{э}$:

$$N_{в} = N_{э} \cdot \eta_{э}. \qquad (10.2.7)$$

Часть мощности на валу передается потоку воздуха, проходящему через вентилятор, и является полезной мощностью.

Полезная мощность вентилятора меньше чем мощность на валу на величину потерь мощности в вентиляторе. Потери мощности в вентиляторе включают потери при различных видах трения в рабочем органе вентилятора (механические потери), потери из-за утечек и перетоков воздуха из области высокого давления в область низкого давления (объемные потери), потери из-за аэродинамических сопротивлений в рабочем колесе, в деталях привода и подачи воздуха. Эти потери учитываются КПД нагнетателя $\eta_{н}$:

$$N_{п} = N_{в} \cdot \eta_{н}. \qquad (10.2.8)$$

IBIK

Таким образом, полезная мощность вентилятора равна:

$$N_п = \Delta P \cdot L = N_э \cdot \eta_э \cdot \eta_п. \quad (10.2.9)$$

Для однофазных электродвигателей:

$$N_{э1} = I \cdot U \cdot \cos\varphi. \quad (10.2.10)$$

Для трехфазных электродвигателей:

$$N_{э3} = 3I_ф \cdot U_ф \cdot \cos\varphi, \quad (10.2.11)$$

где $I_ф$, $U_ф$ — фазные ток и напряжение;

cos φ— косинус φ электродвигателя.

Для уменьшения аэродинамических потерь при установке вентилятора необходимо предусматривать прямые участки стабилизации воздушного потока l с обеих сторон от вентилятора ($l > 6D$, D — диаметр вентилятора). Минимальные длины стабилизирующих участков должны составлять 1,5 диаметра колеса со стороны всасывания и 3 диаметра — со стороны нагнетания.

4. Частота вращения вентилятора

В документации и на заводской табличке электродвигателя указывается номинальная частота вращения. Однако в зависимости от сопротивления сети и расхода воздуха, подаваемого вентилятором, частота может несколько изменяться.

5. Уровень звукового давления

Различают уровни звукового давления в воздуховоде со стороны всасывания, со стороны нагнетания и уровни звукового давления, передаваемые в окружающую среду.

Звуковое давление (шум) является важной характеристикой вентилятора. У всех вентиляторов уровень шума увеличивается с возрастанием окружной скорости рабочего колеса. Поэтому при одном и том же числе оборотов шумы вентилятора больших размеров могут увеличиваться. С уменьшением КПД шум вентилятора также увеличивается.

При установке вентиляторов в зонах, где работают люди, используют специальные вентиляторы шумозащищенного исполнения. Иногда все же приходится принимать дополнительные меры для подавления шумов, такие как выбор оптимального режима работы, повышение КПД, уменьшение частоты вращения, улучшение аэродинамических характеристик сети, установка шумоглушителей, облицовка корпуса звукоизолирующим материалом.

IBIK

10.3. ГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Перечисленные выше характеристики вентиляторов могут быть представлены графически в виде полной, индивидуальной и общей характеристики.

График полной характеристики строится только для одной частоты вращения рабочего колеса. Поэтому для подбора вентиляторов преимущественно приводятся универсальные характеристики, которые могут быть индивидуальными и общими.

Индивидуальные характеристики приводятся для конкретного типа вентиляторов (рис. 10.3.1).

Общая характеристика строится для всей серии вентиляторов, относящихся к данному типу. Общие характеристики бывают совмещенные и безразмерные (отвлеченные).

Совмещенные характеристики (рис. 10.3.2) представляют собой график, на котором совмещены области эффективной работы всех вентиляторов данной серии.

Безразмерные характеристики предназначены для сравнения аэродинамических качеств вентиляторов разных типов.

На рис. 10.3.3 приведена безразмерная характеристика радиального вентилятора Ц4-70. Обычно при проектировании систем вентиляции и кондиционирования воздуха такими характеристиками не пользуются, так как выбор производится из серийных вентиляторов, па которые имеются разработанные индивидуальные характеристики. Однако в случае если возникает необходимость в применении несерийного вентилятора, индивидуальную характеристику можно получить с помощью безразмерной.

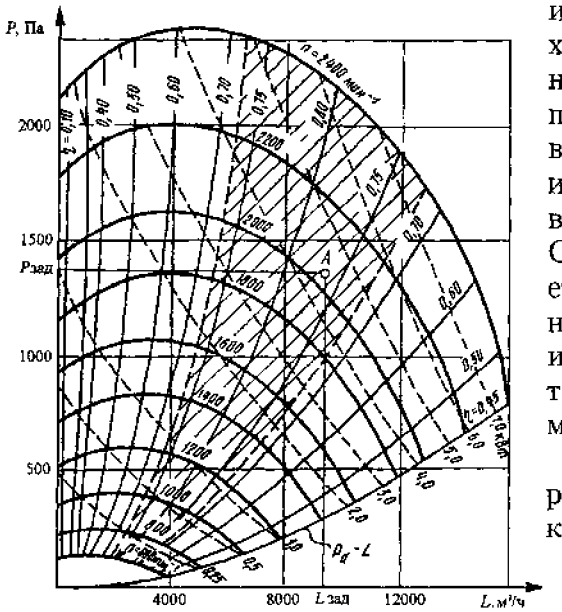


Рис. 10.3.1 Индивидуальная характеристика радиального вентилятора (построена в линейном масштабе)

Индивидуальные характеристики строят в следующих координатах:

$$P_{\text{п}} = f_1(L);\ N = f_2(L);$$

$$n = f_3(L);\ P_{\text{д}} = f_4(L);$$

$$\eta = f_5(L). \qquad (10.3.1)$$

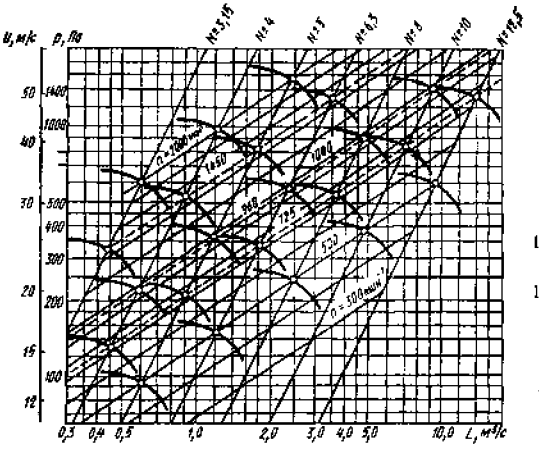


Рис. 10.3.2. Совмещенная характеристика радиального вентилятора

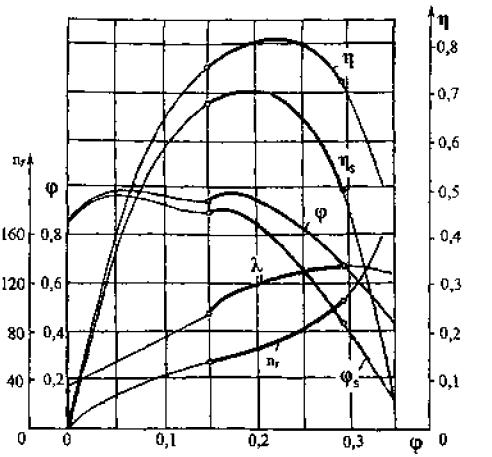


Рис. 10.3.3. Безразмерная характеристика радиального вентилятора

Характеристика полного давления определяет $P_п = f_1(L)$ зависимость разности полных давлений на входе и выходе вентилятора ($P_{вых} - P_{вх}$) от подачи L.

В зависимости от величины потерь в вентиляторе форма характеристики полного давления может быть полого падающей, круто падающей или иметь впадину в области малых подач.

Характеристика $N = f_2(L)$ определяет затраты энергии, необходимой для преодоления потерь внутри вентилятора и присоединенной к нему сети.

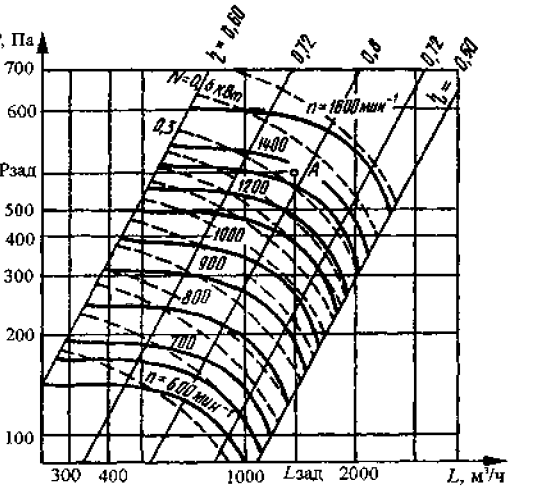


Рис. 10.3.4. Индивидуальная характеристика радиального вентилятора (построена в логарифмическом масштабе)

Учитывая, что затраты мощности минимальны при нулевом расходе, запускать нагнетатели в работу рекомендуется при закрытых регулировочных элементах. В этом случае пусковой ток будет минимальным и не произойдет перегрузки двигателя.

Характеристика $\eta = f_5(L)$ позволяет оценить эффективность работы вентилятора при различных режимах. С ростом подачи полный КПД сначала увеличивается, а затем, достигнув максимума, уменьшается.

Режим работы вентилятора, соответствующий максимальному значению КПД ($\eta_{макс}$), называют оптимальным. Рабочим участком характеристики вентилятора принято считать ту ее часть, где $\eta = 0{,}9\eta_{макс}$.

Индивидуальные характеристики строятся для различных скоростей вентилятора.

Верхняя кривая $P_п = f(L)$ (рис. 10.3.1) соответствует режиму с максимальной частотой вращения. Нижняя характеристика строится для наименьших давлений, при которых использование данного вентилятора еще целесообразно.

Кривые, соединяющие точки равных КПД, представляют собой квадратичные параболы. Крайняя кривая линия КПД, совпадающая с характеристикой динамического давления $P_д = f(L)$, определяет условия работы вентилятора без сети $L = L_{max}$. Область ниже этой кривой представляет собой область неэффективного использования вентилятора (нерабочая зона).

Для определения режимов работы вентилятора по индивидуальной характеристике находят точку A, соответствующую заданным значениям L и P. После этого определяют частоту вращения рабочего колеса, КПД и потребляемую мощность. По полученным данным подбирают электродвигатель и передачу. При подборе вентилятора следует стремиться к тому, чтобы частота вращения вентилятора совпадала со стандартной частотой электродвигателя, а рабочая точка A располагалась в рабочей области вентилятора. Если на характеристике не нанесены значения $N = f(L)$, то затраченную мощность определяют по формуле:

$$N = \frac{PL}{\eta_э} . \qquad (10.3.2)$$

Индивидуальные характеристики, приведенные в каталогах, построены в логарифмической сетке. Особенностями этих характеристик является отсутствие нулевых значений давлений и подачи, линии КПД являются прямыми (рис. 10.3.4).

Безразмерные характеристики осевых вентиляторов относятся к его внешнему диаметру или к окружной скорости на внешнем диаметре. Эти параметры меняются вдоль радиуса.

В осевых вентиляторах характеристика $P = f(L)$ часто имеет седлообразную форму (рис. 10.3.5).

В зависимости от величины угла выхода лопатки рабочего колеса различают (рис. 10.3.6):

- загнутые назад лопатки ($\beta_2 < 90°$);
- радиально оканчивающиеся лопатки ($\beta_2 = 90°$);
- загнутые вперед лопатки ($\beta_2 > 90°$).

ІВІК

Качество преобразования динамического давления вентилятора в статическое оценивается коэффициентом давления, который равен отношению полного давления к динамическому:

$$\Psi = \frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{д}}}. \qquad (10.3.3)$$

Теоретически коэффициент давления лопаток, загнутых назад, может быть равен 4, радиально заканчивающихся — 2.

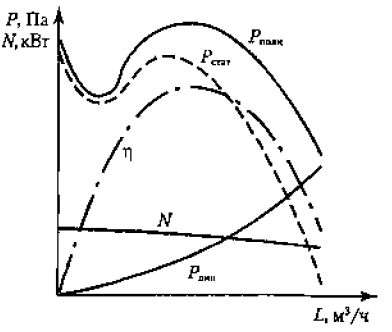


Рис. 10.3.5. Полная аэродинамическая характеристика осевого вентилятора

Особенности вентиляторов с загнутыми вперед лопатками

Преимущества:

- высокие значения давлений и подачи воздуха;
- с увеличением подачи увеличивается давление;
- меньшие окружные скорости.

Недостатки:

- крутой подъем характеристики потребляемой мощности (возможен перегрев двигателя);
- низкий КПД;
- повышенный уровень шума.

Особенности вентиляторов с загнутыми назад лопатками

Преимущества:

- с увеличением подачи потребляемая мощность не изменяется;
- высокий КПД;
- низкий уровень шума.

Недостаток:

- с увеличением подачи давление уменьшается.

Особенности вентиляторов с радиально заканчивающимися лопатками

Преимущества:

- давление не зависит от подачи;
- низкий уровень шума;
- высокий КПД.

Недостаток:

- с увеличением подачи увеличивается потребляемая мощность и уровень шума.

IBIK

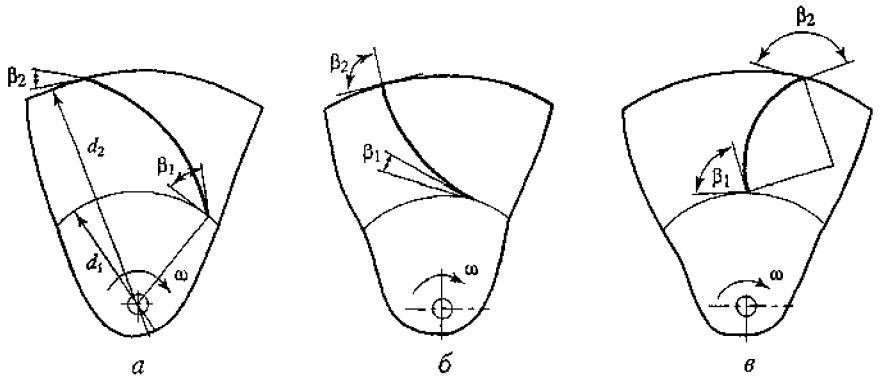


Рис. 10.3.6. Схема установки листовых лопаток радиального вентилятора:
а — лопатки, загнутые назад ($\beta_2 < 90°$); *б* — радиально заканчивающиеся лопатки ($\beta_2 = 90°$); *в* — лопатки, загнутые вперед ($\beta_2 > 90°$)

10.4. ВЕНТИЛЯЦИОННЫЕ СЕТИ

10.4.1. РАБОТА ВЕНТИЛЯТОРА В СЕТИ

Сетью называют систему воздуховодов и других элементов воздушного тракта, на которые подает воздух вентилятор. Сеть может состоять из элементов тракта, подсоединенных последовательно, параллельно или смешано.

Каждая сеть характеризуется потерями давления, которые можно разделить на потери по длине всех элементов и местные потери.

$$\sum \Delta P = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \rho \frac{i^2}{2q} + \sum_{j=1}^{m} \xi_j \rho \frac{V_j^2}{2q} = \frac{1}{2q}\left(\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \frac{l_i}{S_i^2} + \sum_{j=1}^{m} \frac{\xi i}{S_j^2} \right) \rho L^2 = KL^2, \quad (10.4.1)$$

где λ_i — удельные потери давления по длине i-го участка сети;

l_i — длина i-го участка сети;

V_i — скорость воздуха в i-м участке сети;

ρ — плотность воздуха;

ξ_i — коэффициент местных сопротивлений j-го элемента;

d_i — диаметр i-го участка сети;

S — площадь сечения i-го участка сети;

K — коэффициент, являющийся константой для данной сети, а также аэродинамической характеристикой сети.

IBIK

Уравнение (10.4.1) принято называть характеристикой сети. Из этого уравнения вытекает, что характеристика сети есть степенная функция.

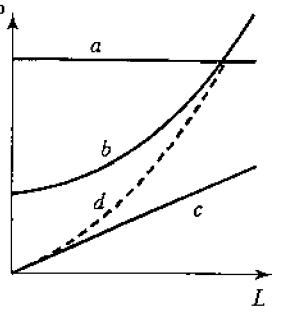


Рис. 10.4.1. Виды характеристик вентиляционной сети

Однако встречаются и другие характеристики:

ΔP = const — для сети с постоянным статическим сопротивлением, например, продувка воздуха через слой жидкости в пенном аппарате (рис. 10.4.1, *a*).

$\Delta P = P_0 + KL^2$ — для сети со статическим сопротивлением и потерями давления при турбулентном режиме (рис. 10.4.1, *b*).

$\Delta P = KL$ — для сети с ламинарным течением жидкости, при продувке воздуха через фильтр (рис. 10.4.1, *c*).

$\Delta P = KL^n$ — для сети с сопротивлением при политропическом течении (рис. 10.4.1, *d*).

Если сеть состоит из большого числа различно соединенных элементов, то при расчете применяется принцип суперпозиции.

При последовательном соединении участков сети суммарные потери определяются как сумма потерь давления на каждом участке и характеристики их графически суммируются:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 = (K_1 + K_2 + K_3) \cdot L^2 = L^2 \sum K. \qquad (10.4.2)$$

При параллельном соединении:

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = \Delta p_n = \Delta p\,, \qquad (10.4.3)$$

$$L_n = \sqrt{\Delta p / K_n}\,. \qquad (10.4.4)$$

То есть при параллельном соединении расход воздуха на каждом участке обратно пропорционален корню квадратному из значения параметра K для каждого участка.

При смешанном соединении для получения суммарной характеристики сети необходимо определить характеристику каждой группы участков, соединенных параллельно, а затем полученные характеристики сложить с остальными, как при последовательном соединении.

Режим работы вентилятора в сети определяется совместным решением характеристик вентилятора и сети.

Эта задача решается, как правило, графически методом наложения. Для этого строят в одинаковом масштабе графики зависимости давления вентилятора и сети от расхода. Точка пересечения этих кривых однозначно определяет режим работы вентилятора в этой сети (L, P).

IBIK

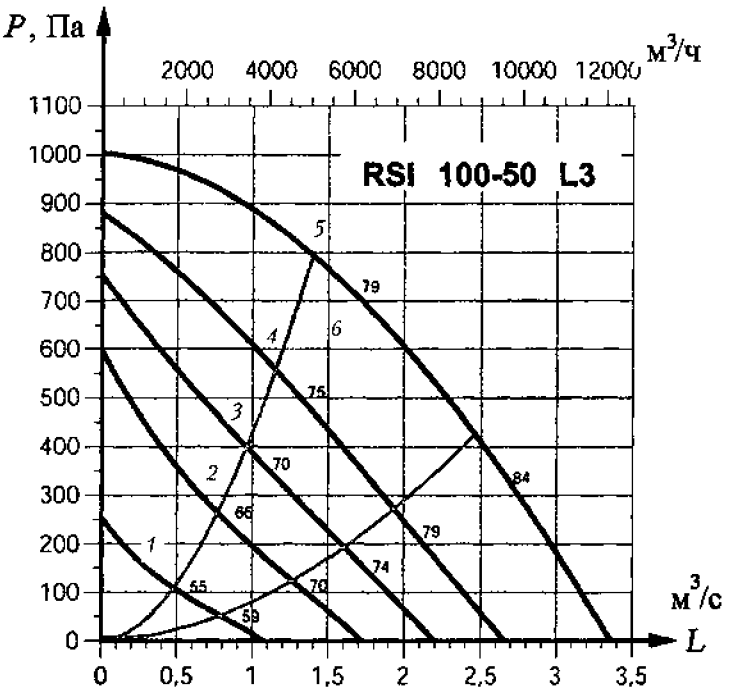


Рис. 10.4.2. Характеристика вентилятора RSI 100–50 L3 (Systemair)

На рис. 10.4.2 приведены совмещенные характеристики вентилятора и сети для прямоугольного канального вентилятора RSI 100–50 L3 производства концерна Systemair (Швеция).

Кривые *1–5* являются зависимостью $P = f(L)$ при пяти различных значениях напряжения питания электродвигателя вентилятора. Кривая *6* является характеристикой сети $\Delta p = f(L)$.

Точка пересечения одной из кривых *1–5* и кривой *6* определяет режим работы вентилятора в данной сети.

Для нормальной работы вентилятора необходимо обеспечить равномерный подвод воздуха к входу вентилятора и минимальные потери давления вентилятора. Для этого необходимо, чтобы элементы сети были удалены от входа и выхода вентилятора на расстояние $l \geq 6D$, где D — диаметр вентилятора. Однако это условие, как правило, реализовать не удается, в связи с чем возникают дополнительные потери давления и перегрев электродвигателя.

В качестве выходных элементов применяются отводы, переходы с одной формы сечения на другую, диффузоры и др.

Отводы должны направлять поток воздуха так, чтобы направление

IBIK

отвода продолжало направление спирали кожуха (рис. 10.4.3, *а*). Обратное направление (рис. 10.4.3, *б*) недопустимо, так как значительно возрастают гидравлические потери.

Особое внимание следует обращать на конструкцию диффузоров, устанавливаемых на выходе вентиляторов. Диффузоры предназначены для преобразования динамического давления в статическое с минимальными потерями. Угол раскрытия диффузора на каждую сторону определяют в пределах $\alpha = 12 - 14^{\circ}$ и при одностороннем раскрытии – до 25° (рис.10.4.3, *г*).

Потери давления во входных и выходных элементах ($\Delta p_{вэ}$) вентиляторов определяются в долях динамического давления ($P_д$):

$$\Delta p_{вэ} = \xi P_д. \qquad (10.4.5)$$

Значения коэффициента для различных элементов приведены в таблице 10.4.1.

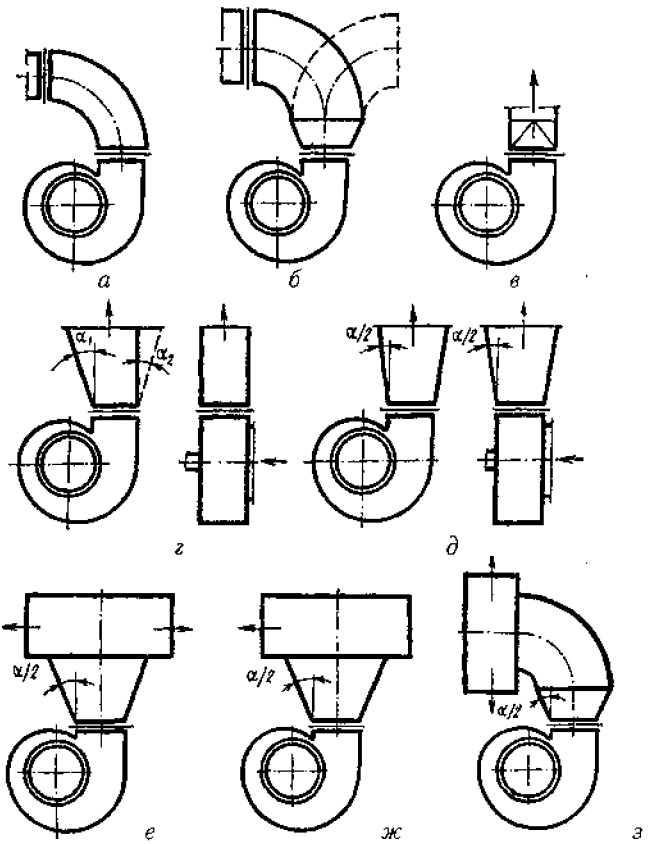


Рис. 10.4.3. Выходные элементы вентиляционных решеток

Таблица 10.4.1. Ориентировочные значения выходных элементов вентиляционных установок

Выходной элемент	Значения ξ для вентиляторов с лопатками, загнутыми	
	назад	вперед
Отвод прямоугольного поперечного сечения с $r = d_{экв}$	0,2	0,3–0,5
Отвод круглого поперечного сечения с $r = 2d_{экв}$	0,5	0,4
Отвод прямоугольного поперечного сечения с $r = 1{,}5d_{экв}$, пирамидальным диффузором, $n=2$ b $\alpha = 14^{\circ}$	0,2	0,2
Переходник с квадрата на круг равновеликой площади	0,1	0,2
Плоский несимметричный диффузор с $\alpha_1 = var$ и $\alpha_2 = 0 \div 10^{\circ}$	0,2 -0,4	0,2–0,3
Пирамидальный диффузор	0,2–0,4	0,3–0,5
Пирамидальный диффузор, короб с выходом воздуха: – в две стороны	0,7	–
– в одну сторону	0,8	–
Пирамидальный диффузор, отвод, короб с выходом воздуха: – в две стороны	0,7	–
– в одну сторону	0,8	–

10.4.2. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Расчет воздуховодов достаточно подробно изложен в [29], поэтому мы приведем только упрощенную методику и пример расчета.

Существует два метода расчета воздухораспределительных сетей:

- метод допустимых скоростей;
- метод постоянной потери давления.

Оба метода позволяют проектировать вентиляционную сеть, которая обеспечит:

- требуемую производительность по воздуху;
- минимальные потери давления;
- минимальный уровень шума;
- скорость воздуха, допустимую санитарными нормами;
- минимальный объем, занимаемый воздуховодами.

Приведем методику расчета воздухораспределительной сети методом допустимых скоростей.

1. Чертят схему сети воздуховодов с расчетными расходами воздуха по помещениям и находят самый удаленный от вентилятора и нагруженный участок сети.

IBIK

Таблица 10.4.2. Скорость воздуха из приточной решетки, исходя из допустимого перепада температур

Расположение воздухораспределительных устройств по отношению к рабочей зоне	Перепад температур между приточным воздухом и воздухом помещений (для систем кондиционирования), °С	Скорость воздуха на выходе из воздухораспределительного устройства, м/с
В рабочей зоне	3–4	0,3–0,5
На высоте, м от 2 до 3 свыше 3	 7–8 не более 12	 2–3 3–4

2. Выбирают скорость воздуха в приточных, вытяжных решетках и воздуховодах, исходя из допустимого перепада температур (табл. 10.4.2), назначения помещения (табл. 10.4.3), допустимой скорости воздуха в вытяжных решетках (табл. 10.4.4), допустимого уровня шума (табл. 10.4.5).

Таблица 10.4.3. Ориентировочные значения уровня шума, создаваемые потоком воздуха

Помещение	Скорость м/с	Уровень шума, дБ(А)
Звукозаписывающая студия	2	25
Кинотеатр, госпиталь, библиотека	3	35
Офис, школа, отель	4	40
Банк, общественное здание	5	46
Магазин, почта	6	50
Производственное помещение	10	70

Таблица 10.4.4. Рекомендуемые скорости в вытяжных решетках

Размещение вытяжной решетки	Диапазон скоростей, м/с	Рекомендуемая скорость, м/с
Потолочная решетка	3–5	4
Настенная решетка в жилом помещении	2–4	2,5
Настенная решетка в офисном помещении	3–5	4
Дверная переточная решетка	1–1,5	1,5

Таблица 10.4.5. Скорость воздуха в воздуховоде, исходя из допустимого уровня шума

	Рекомендуемые значения скорости (м/с)		
	Квартиры	Офисы	Производственные помещения
Приточные решетки	2,0–2,5	2,0–2,5	2,5–6,0
Магистральные воздуховоды	3,5–5,0	3,5–6,0	6,0–11,0
Ответвления	3,0-5,0	3,0–6,5	4,0–9,0
Воздушные фильтры	1,2–1,5	1,5–1,8	1,5–1,8
Теплообменники	2,2–2,5	2,5–3,0	2,5-3,0

IBIK

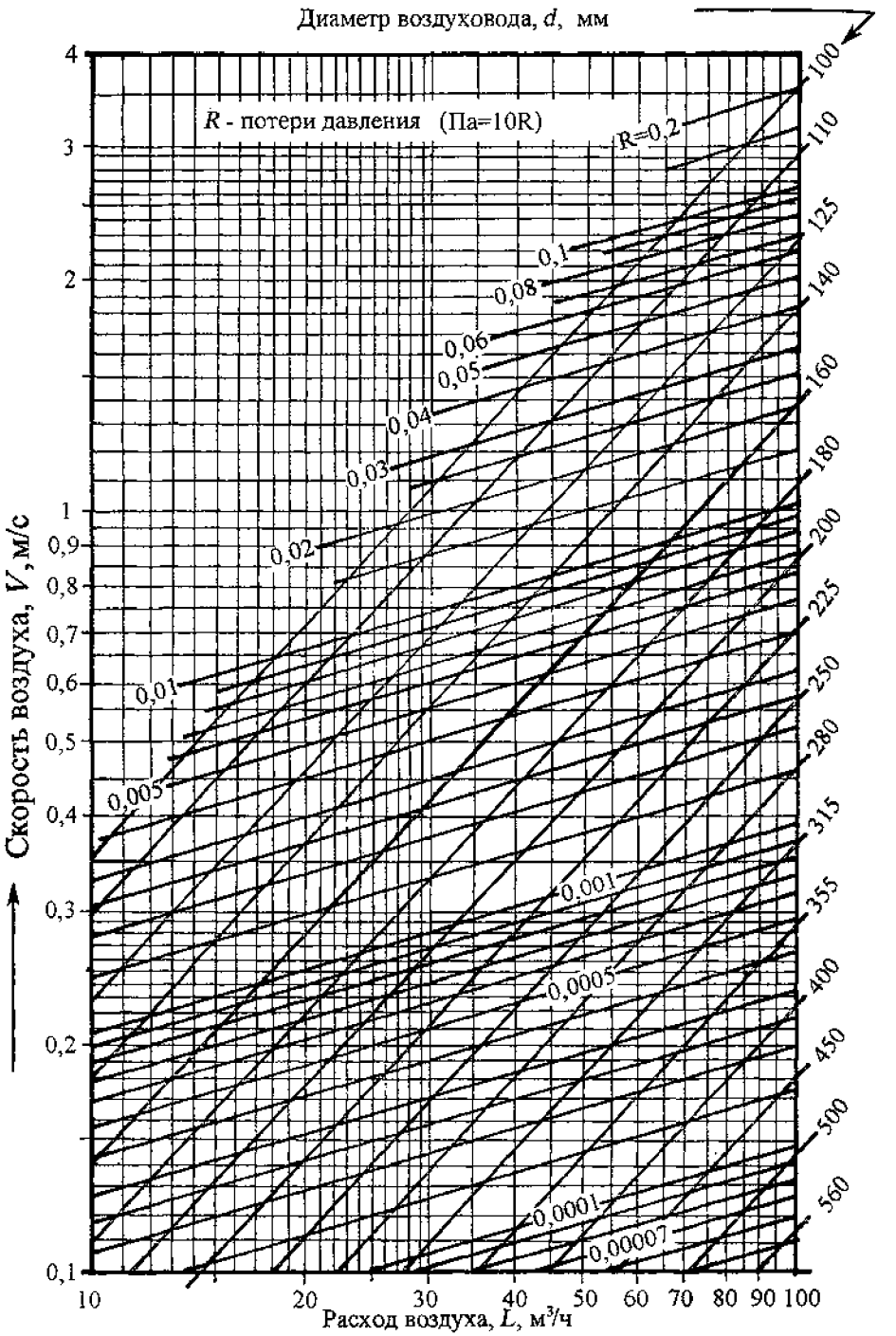


Рис. 10.4.4, *а*. Номограмма для расчета круглых стальных воздуховодов при расходе воздуха до 100 м³/ч и скорости воздуха от 0,1 до 4 м/с

IBIK

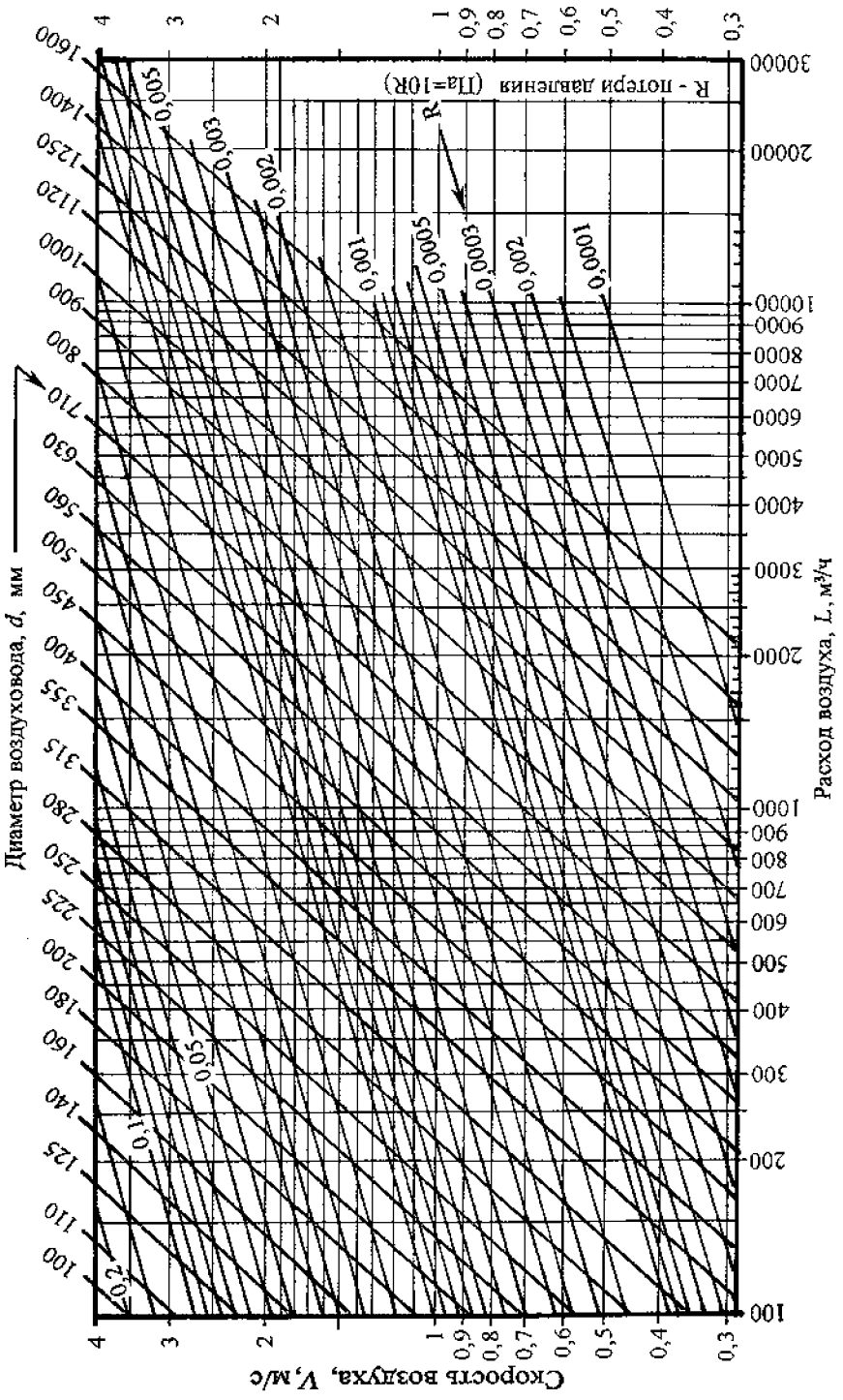


Рис. 10.4.4, *б*. Номограмма для расчета круглых стальных воздуховодов при расходе воздуха 100 до 10 000 м³/ч при скорости воздуха от 0,3 до 4 м/с

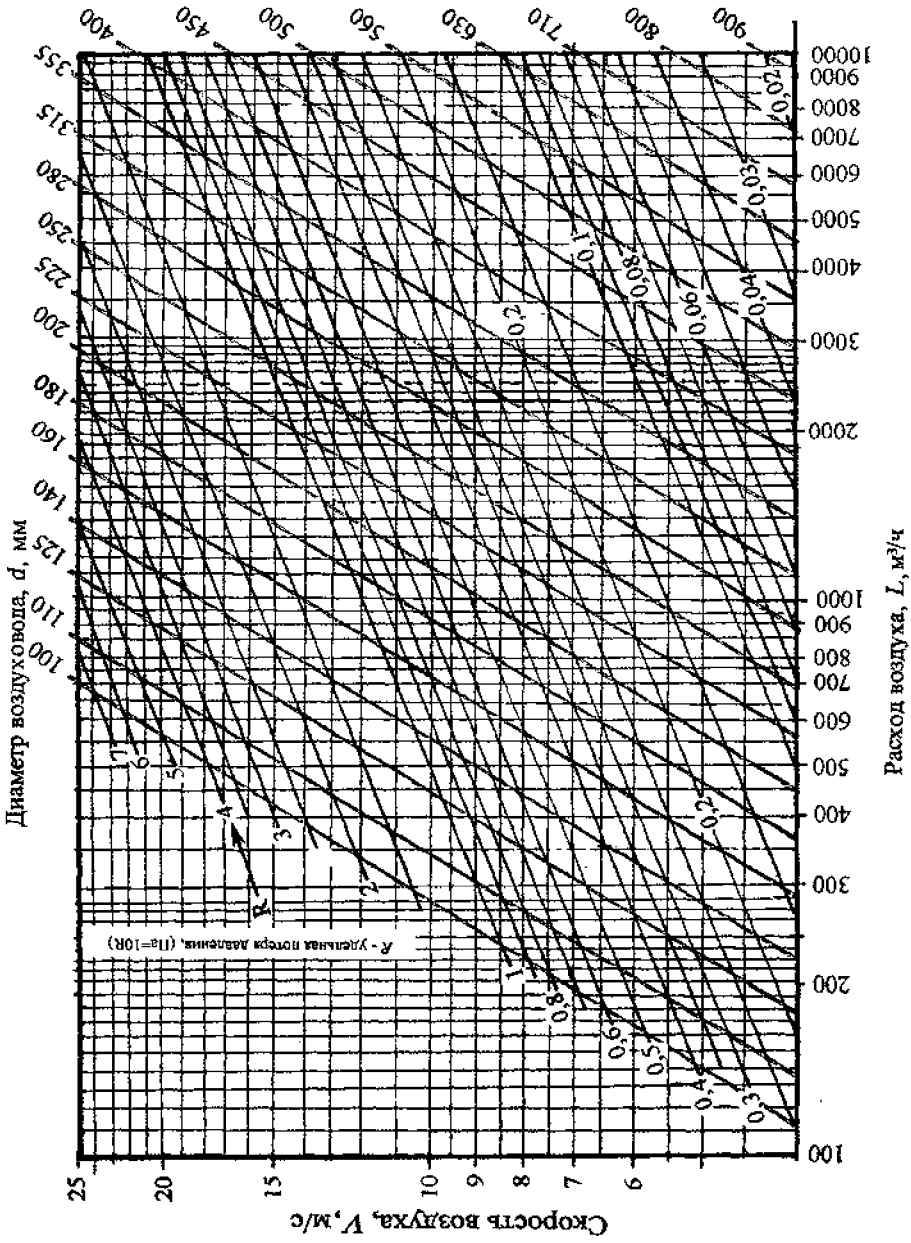


Рис. 10.4.4, *в*. Номограмма для расчета круглых стальных воздуховодов при расходе воздуха от 100 до 10 000 м³/ч при скорости воздуха от 4 до 25 м/с

3. По известным расходам воздуха в каждом сечении воздуховода и скорости воздуха по номограммам (рис. 10.4.4) определяют диаметр воздуховода круглого сечения d.

Для воздуховодов прямоугольного сечения за расчетную величину d принимают эквивалентный диаметр ($d_{экв}$), при котором потери давления в круглом воздуховоде при той же скорости равны потерям в прямоугольном воздуховоде:

$$d_{экв} = 2AB/(A+B), \qquad (10.4.5)$$

где A и B — размеры сторон прямоугольного воздуховода.

4. По номограммам (рис. 10.4.4, а, б, в) определяют удельные потери давления в воздуховодах (R — кгс/м^2). В случае применения воздуховодов заводского производства удельные потери давления берут из паспортных данных.

По полученным данным определяют суммарные потери давления в сети воздуховодов по формуле:

$$\Delta P_c = R_i \cdot l_i \ , \text{Па}, \qquad (10.4.6)$$

где R_i — удельные потери давления в воздуховодах, Па;

l_i — длина воздуховодов, м.

5. Определяют потери давления на местные сопротивления по формуле:

$$\Delta P_м = \sum_{j=1}^{m} \xi_i \cdot \rho \frac{V^2}{2} \ , \text{Па}, \qquad (10.4.7)$$

где — коэффициент местных сопротивлений на i-м участке сети.

Коэффициент местных сопротивлений определяют по справочной литературе [28].

Для комплектующих изделий (решетки, диффузоры, фильтры и др.) потери давления приводятся в паспортных данных. На рис. 10.4.7 приведены данные по потерям давления для диффузоров фирмы DEC и на рис. 10.4.6 — для гибких воздуховодов Aludec AA.

6. Определяют полные потери давления в самом напряженном участке сети (полное располагаемое давление):

$$\Delta P_\Sigma = \Delta P_c + \Delta P_м . \qquad (10.4.8)$$

7. Располагаемое давление для последующих ответвлений сети воздуховодов определяют как сумму потерь давления на участках сети до заданного ответвления.

8. Сравнивают потери давления в ответвлениях с полным располагаемым давлением. Потери должны быть увязаны с точностью ±10 %.

IBIK

Если расхождения превышают ±10 %, устанавливают диафрагмы или регулирующие заслонки.

Методика расчета диафрагм для круглых воздуховодов

Зная полное располагаемое давление наиболее нагруженного участка сети и падение давления ветви, находим величину падения давления, которое необходимо внести путем введения диафрагмы:

$$P_{изб} = \Delta P_{\Sigma} - \Delta P_{в} \ . \qquad (10.4.9)$$

Определяем коэффициент местного сопротивления диафрагмы и по таблице 10.4.6 находим диаметр отверстия диафрагмы:

$$\xi = \frac{2P_{изб}}{V^2} \ . \qquad (10.4.10)$$

Таблица 10.4.6. Диаметр отверстий диафрагм для воздуховодов круглого сечения

ζ	Диаметр отверстия диафрагмы, мм, при диаметре воздуховода, мм							
	100	125	160	200	250	315	355	400
0,3	91	114	146	182	228	287	324	365
0,5	88	110	141	176	220	278	313	353
0,7	86	107	137	172	215	270	305	343
0,9	84	105	134	168	210	264	298	336
1,1	82	103	132	165	206	260	292	329
1,4	80	100	128	160	201	253	285	321
1,6	89	99	126	158	198	249	281	316
1,8	78	97	125	156	195	246	277	312
2	77	96	123	154	192	242	273	308
2,2	76	95	122	152	190	239	270	304
2,4	75	94	120	150	188	237	267	301
2,8	74	92	118	147	184	232	261	295
3,2	72	90	116	145	181	228	257	289
3,6	71	89	114	142	178	224	252	284
4	70	87	112	140	175	220	248	280
4,5	69	86	110	137	172	217	244	275
5,5	67	83	107	133	167	210	236	266
6,5	65	81	104	130	162	204	230	259
7,5	63	79	101	127	158	199	225	253
8,5	62	77	99	124	155	195	220	248
9,5	61	76	97	121	152	191	215	243
10	60	75	96	120	150	189	213	241
11	59	74	95	118	148	186	210	236
12	58	73	93	116	145	183	206	233
13	57	72	92	115	143	180	203	229
14	56	71	90	113	141	178	201	226
15	56	70	89	111	139	176	198	223

IBIK

Пример. Рассчитать параметры сети воздуховодов общего назначения для офисных помещений. Сеть состоит из 5 потребителей (комнат). Расход воздуха в каждой комнате, исходя из количества работников, составляет 120 м³/час. Схема сети представлена на рис. 10.4.5.

Решение. Выбираем приточные диффузоры производства DEC, характеристика которых приведена на рис. 10.4.7. Диффузор диаметром 160 мм, открытый на 3/4 оборота (кривая С), при расходе воздуха 120 м³/час имеет падение давления $P_{диф}$=22 Па и уровень звуковой мощности – менее 30 дБА.

Местные потери давления при переходе с большего сечения воздуховода $S_б$ на меньшее $S_м$ можно определить по формуле [28]:

$$\xi = 0{,}5 \cdot (1 - \frac{S_м}{S_б}). \qquad (10.4.11)$$

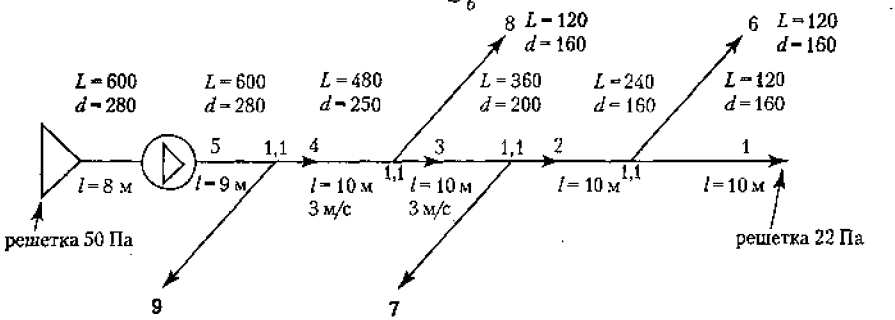


Рис. 10.4.5. Пример расчета воздухораспределительной сети

Потери в стальных воздуховодах определяем по номограммам (рис. 10.4.4).

Потери на местное сопротивление складываются из:

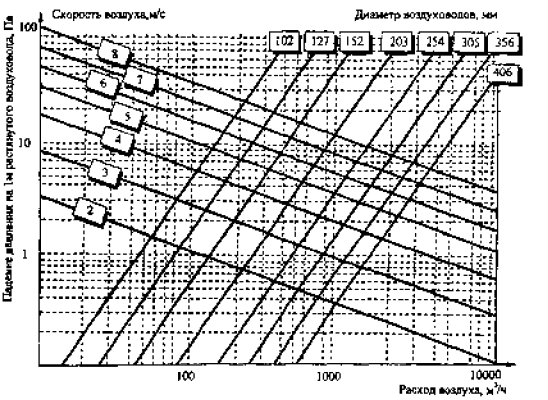


Рис. 10.4.6. Потери давления в гибких воздуховодах Aludec AA

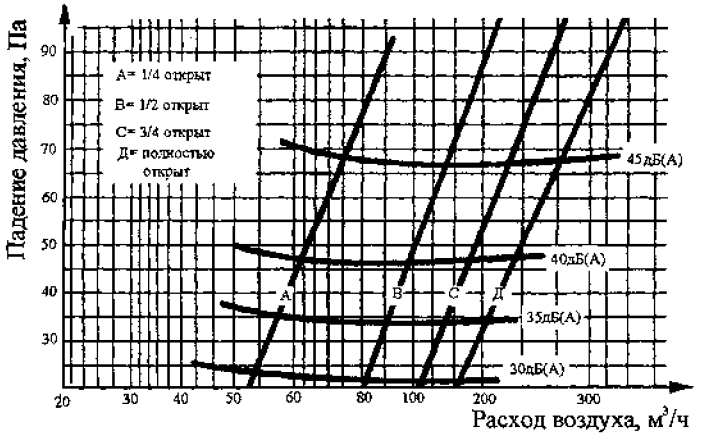


Рис. 10.4.7. Характеристика диффузора типа DVS-P (DEC International) диаметром 160 мм

• потерь давления в диффузорах диаметром 160 мм и расходом воздуха 120 м³/час — 22 Па;

• потерь в переходах с одного сечения на другое — по формуле 10.4.11;

• потерь давления во входной решетке, по паспорту — 50 Па.

Для удобства расчета составляем таблицу потерь давления.

Таблица к примеру расчета потерь давления

№ уч.	К-во возд., м³/ч	Длина уч. *l*, м	Размер возд.		Потери давления на трение, Па		Скор. давл., Па $\frac{V^2\rho}{2}$	$\sum\xi$	$Z=\sum\xi\frac{V^2\rho}{2}$ Па	$Rl+Z$ па	$\sum(Rl+Z)$	Скорость *V*, м/с
			Круг *d*, мм	Прямоугол., мм	На 1 м, *R*	На уч., *R·l*						
1	120	10	160	100×200	1,0	10	1,5	—	—	10+22	32,0	1,7
2	240	10	160	100×200	1,0	10	6,1	0,1	0,6	10,6	10,6	3,5
3	360	10	200	160×200	0,5	5	4,5	0,1	0,45	5,45	5,45	3,0
4	480	10	250	200×250	0,5	5	4,5	0,05	0,23	5,23	5,23	3,0
5	600	17	280	250×250	0,7	11,9	4,5	—	—	50+11,9	61,9	3,0
Полная величина располагаемого давления составляет 115,18 Па												

Далее аналогичным образом производим расчет падения давлений по каждой ветви. Разность между полным располагаемым давлением и падением давления ветви не должна выходить за пределы ±10 %. В тех ветвях, где расхождение больше ±10 %, необходимо установить диафрагмы, методика расчета которых изложена выше.

Следовательно, в рассчитываемой сети необходим вентилятор, обеспечивающий расход воздуха 600 м³/ч и давление 115 Па. Выбираем вентилятор фирмы Systemair K200M, характеристики которого приведены на рис. 10.4.8.

IBIK

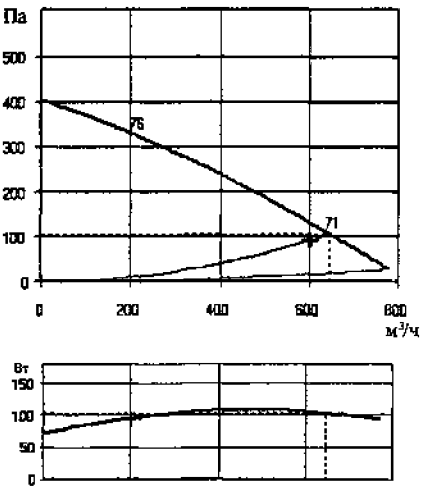
Напряжение (50 Гц), В	Потребляемая мощность, Вт	Ток, А	Расход воздуха, $м^3/ч$	Об/мин, $мин^{-1}$	Температура окружающей среды, °С	Уровень звукового давления (3 м), дБ(А)	Масса, кг	Температура окр. среды при регулировании скорости, °С
230, 1ф	109	0,47	776	2575	70	50	5	70

Данные в рабочей точке

Напряженке (50 Гц), В	Потребляемая мощность, Вт	Ток, А	Расход воздуха, $м^3/ч$	Об/мин, $мин^{-1}$	Ст. давление, Па	Полное давление, Па
230	103	0,45	644	2628	86	115

Шумовые характеристики

Частота, Гц	Общ.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровень звукового давления, дБ(А)	57	26	34	32	48	56	44	41	29



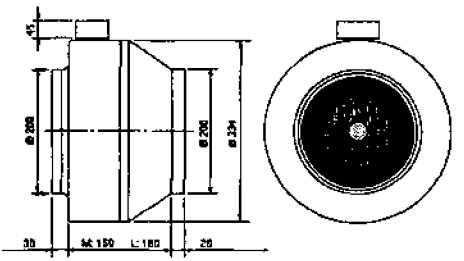


Рис. 10.4.8. Характеристика вентилятора К200М фирмы Systemair

10.4.3. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ВЕНТИЛЯТОРОВ

В ряде случаев для обеспечения заданной подачи или давления в сети, повышения надежности системы или из-за архитектурно-планировочных проблем возникает необходимость совместной работы нескольких вентиляторов.

Для повышения давления в сети вентиляторы включаются последовательно, для повышения подачи — параллельно. В некоторых случаях бывают смешанные соединения.

Параллельное соединение вентиляторов

Случай 1. Вентиляторы с одинаковой характеристикой

Анализ режимов работы вентиляторов при параллельном соединении проведем графически. На рис. 10.4.9 показана характеристика двух одинаковых вентиляторов (кривая 1).

При параллельном включении разность давлений на обоих вентиля-

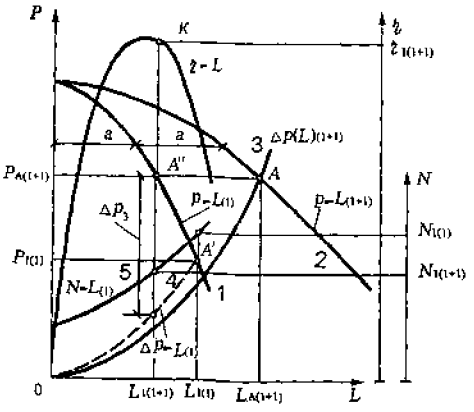


Рис. 10.4.9. Определение режима работы двух параллельно включеиных одинаковых вентиляторов

торах одинакова, величины подачи складываются. Поэтому для построения суммарной характеристики необходимо при одном значении давлений складывать величины подач. В результате получаем кривую 2.

При включении вентилятора в сеть с характеристикой 3 рабочий режим определяется точкой *А*. Суммарная подача воздуха определяется величиной $L_{A(1+1)}$, а суммарное давление — величиной $P_{A(1+1)}$ при этом $P_{A(1+1)} = P_{1(1+1)}$, то есть давление, создаваемое при параллельной работе вентиляторов, равно давлению одного вкнтилятора . Подача каждого вентилятора определяется как половина от суммарной и может быть определена графически по положению точки *А''*, то есть $L_{1(1+1)} = L_{A''} = 0{,}5L_{A(1+1)}$. КПД каждого из вентиляторов определяется пересечением ординаты, проходящей через точку *А''* с характеристикой КПД вентилятора — точкой *К*. Пересечение этой же ординаты с характеристикой мощности (кривая 5) определяет затраты мощности каждого вентилятора, то есть $N_{A(1+1)} = 2N_{1(1+1)}$.

При отключении одного вентилятора характеристика сети пойдет несколько круче (кривая 4) вследствие уменьшения проходного сечения воздуховода. Рабочая точка перейдет в положение *А'*. Параметры работы вентилятора будут следующими: $L_{1(1)} > L_{1(1+1)}$, $P_{1(1)} < P_{1(1+1)}$ и $N_{(1)} > N_{1(1+1)}$. Последнее выражение показывает, что увеличится потребляемая мощность и, следовательно, температура электродвигателя. Поэтому при выключении одного из вентиляторов необходимо отключить его индивидуальный участок.

Случай 2. Вентиляторы с разными характеристиками

Рассмотрим параллельную работу двух вентиляторов с разными характеристиками (рис. 10.4.10, кривые 1 и 2). Построение суммарной характеристики осуществляется аналогичным способом (кривая 3). При режимах работы вентилятора правее точки *Б* (участок *А-Б*) оба нагнетателя имеют положительную подачу, и суммарная подача превышает подачу одного вентилятора. Таким образом, параллельное включение в этих областях является эффективным.

Суммарная подача двух вентиляторов в сети с характеристикой 5 (точка *Б*) равна подаче одного вентилятора 2. Поэтому работа двух вентиляторов в этой точке области является нецелесообразной.

ІВІК

На участке, расположенном левее точки *Б* (участок *Б-В*), суммарная подача в сети с характеристикой 4 меньше подачи одного вентилятора, так как подача вентилятора 2 имеет положительное значение, а вентилятора 1 — отрицательное, то есть поток в нем направлен в обратную сторону (рис. 10.4.10). В этом случае работа вентилятора 1 вредно сказывается на всей системе и поэтому недопустима.

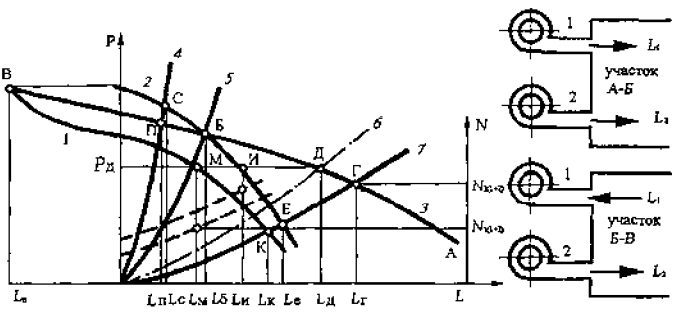


Рис. 10.4.10. Параллельная работа двух вентиляторов с различными характеристиками

Такая же ситуация может возникнуть при параллельной работе вентиляторов с седлообразными характеристиками. Наличие впадины на характеристиках может привести к неоднозначности в работе всей системы.

Последовательное соединение вентиляторов

Суммарная характеристика вентиляторов с одинаковыми характеристиками, полученная методом сложения, показана на рис. 10.4.11.

При последовательном соединении двух одинаковых вентиляторов (рис. 10.4.11, *а*, кривая 1) суммарная характеристика определится кривой 2. Рабочая точка *А* имеет следующие параметры:

- давление равно сумме давлений $P_A = P_{(1+1)}$;

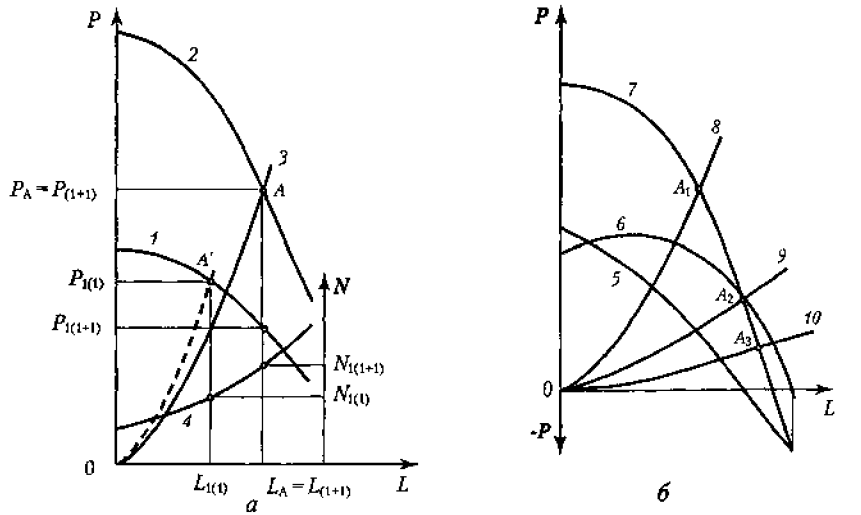


Рис. 10.4.11. Последовательное включение двух вентиляторов:
а – одинаковой производительности; *б* – различной производительности

- подача соответствует подаче одного вентилятора;
- потребляемая мощность равна потребляемой мощности двух вентиляторов.

При отключении одного вентилятора характеристика сети пойдет круче (рис. 10.4.11, пунктирная линия).

Рабочая точка переместится в положение A' с параметрами:

- давление снизится — $P_{1(1)} < P_{(1+1)}$, но будет больше давления, развиваемого одним нагнетателем при совместной работе;
- подача уменьшится — $L_{1(1)} < L_{1(1+1)} = L_{(1+1)}$;
- потребляемая мощность снизится — $N_{1(1)} < N_{1(1+1)}$, то есть перегрузки электродвигателя не будет.

Последовательное соединение вентиляторов с различными характеристиками показано на рис. 10.4.11, *б*. Как видно из рисунка, последовательное включение вентиляторов целесообразно, когда рабочая точка расположена левее точки A_2. В этом диапазоне суммарное давление вентиляторов превышает давление одного вентилятора. Если рабочая точка находится правее точки A_2, то общее давление будет меньше давления одного нагнетателя. Работа двух вентиляторов в этой области будет нецелесообразной. Работа вентиляторов с разными характеристиками в области, расположенной левее точки A_2, является не только бесполезной, но даже вредной.

10.4.4. ПРАВИЛА ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Регулировка расхода воздуха в вентиляционной сети может осуществляться путем изменения сечения воздуховода или уменьшения скорости вращения вентилятора. Последний способ более предпочтителен, так как позволяет экономить потребляемую мощность и исключает возможный перегрев электродвигателя.

Изменение скорости вращения вентилятора осуществляется за счет изменения передаточного числа привода или изменения напряжения (для электродвигателей с большим сопротивлением ротора).

Для расчета параметров вентиляторов используют правила теории подобия, которые объединены в две группы законов.

В первую группу входят законы взаимосвязи кинематических и динамических параметров, то есть законы, связанные с изменением параметров одного и того же вентилятора за счет изменения числа его оборотов. Согласно этим законам:

- объемный расход изменяется пропорционально отношению числа оборотов;
- давление изменяется пропорционально числу оборотов во второй степени;
- потребляемая мощность изменяется пропорционально числу оборотов в третьей степени.

IBIK

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{L_1}{L_2}=\sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}}=\sqrt[3]{\frac{N_1}{N_2}}. \qquad (10.4.12)$$

Ко второй группе относятся законы геометрического подобия, связывающие параметры геометрически подобных вентиляторов, работающих с одной и той же скоростью. Согласно этим законам:

- давление изменяется пропорционально значению радиуса колеса во второй степени;
- объемный расход изменяется пропорционально значению радиуса колеса вентилятора в третьей степени;
- потребляемая мощность изменяется пропорционально значению радиуса колеса в пятой степени.

$$\frac{R_1}{R_2}=\sqrt{\frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}}=\sqrt[3]{\frac{L_1}{L_2}}=\sqrt[5]{\frac{N_1}{N_2}}. \qquad (10.4.13)$$

10.5. КОНСТРУКЦИИ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Центробежные вентиляторы в зависимости от устройства привода электродвигателя могут иметь следующее исполнение:

- рабочее колесо непосредственно на валу электродвигателя (серия Ц4-70);
- рабочее колесо и шкив на консольных участках собственного вала с двумя подшипниками между ними (серия Ц4-76);
- рабочее колесо между двумя подшипниками и шкив на консоли вентилятора (серия Ц4-100).

Вентиляторы серии Ц4-70 изготавливаются с номерами 2,5; 3; 4; 5; 6; 6,3; 8; 10; 12 и 16. Они имеют высокий КПД и развивают давление до 2200 Па. Рабочее колесо имеет 12 лопаток, загнутых назад. Максимальная окружная скорость колеса 60 м/с. Вентиляторы №10 и 12 выполняются из нержавеющей стали.

Вентиляторы серии Ц4-76 изготавливаются с номерами 12, 16 и 20. Они отличаются высоким КПД и предназначены для систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а также воздушного отопления. Вентиляторы выполняются со шкивами для клиноременной передачи и развивают давление до 2200 Па.

Вентиляторы серии Ц4-100 (№ 16 и 20) двустороннего всасывания обладают высокой производительностью и имеют компактные размеры. Технические характеристики приведены в [28].

IBIK

10.5.1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕНТИЛЯТОРОВ ФИРМЫ SYSTEMAIR

Десятилетний опыт использования украинской компанией "ИВИК" в системах вентиляции и кондиционирования воздуха вентиляционного оборудования шведского концерна Systemair подтверждает высокий технический уровень, качество и надежность оборудования этого производителя. В связи с этим приведем описание некоторого вентиляционного оборудования Systemair.

Концерн Systemair выпускает вентиляторы канальные (круглые и квадратные), центробежные, осевые, крышные, в том числе взрывопожаробезопасного исполнения, а также электрические принадлежности (трансформаторы, тиристорные регуляторы скорости, термоконтактные реле, тепловые регуляторы, датчики давления и температуры, таймеры) и вентиляционные аксессуары (глушители, клапаны, фильтры, воздухораспределители и др.).

Двигатели Systemair с внешним ротором, как любые электродвигатели, состоят из статора с медной обмоткой и ротора. Отличие заключается в том, что ротор вращается вокруг статора и непосредственно на роторе расположено рабочее колесо (рис. 10.5.1).

Внешнее расположение ротора позволяет произвести точную балансировку. Как двигатель, так и рабочее колесо находятся в потоке воздуха и поэтому очень эффективно охлаждаются, что увеличивает срок службы вентилятора, так как подшипники подвергаются минимальным термическим и механическим нагрузкам.

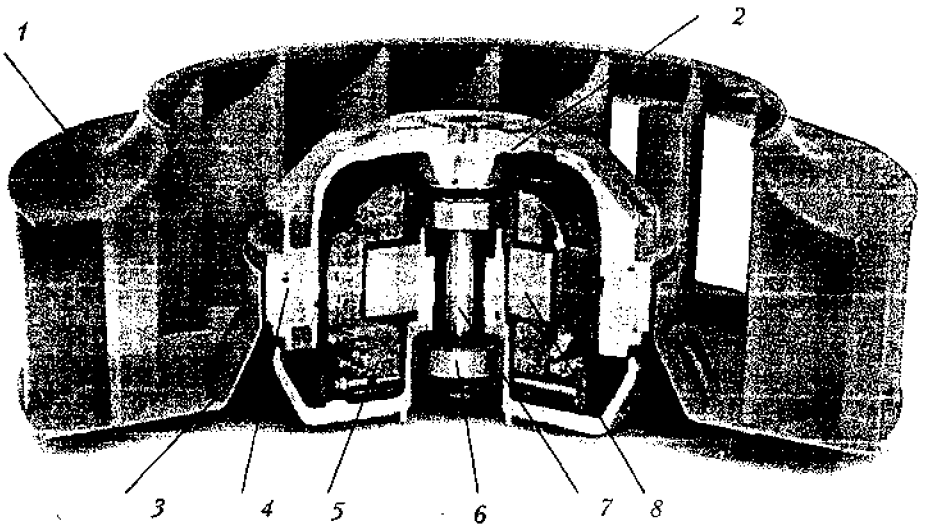


Рис. 10.5.1. Двигатель с внешним ротором (Systemair):
1 – рабочее колесо; *2* – ротор; *3* – фланец; *4* – сердечник ротора; *5* – обмотка; *6* – герметичный подшипник; *7* – вал; *8* – сердечник статора

IBIK

Электрическая безопасность

В соответствии со стандартом EN 60335-1 двигатели Systemair имеют класс изоляции B или F и класс защиты IP44 или IP54.

Подшипники

Шарикоподшипники очень легко устанавливаются и работают при высокой температуре окружающей среды и при установке вентилятора в любом положении. Смазка подшипника пригодна для работы при температуре окружающей среды вплоть до −15 °C (непродолжительное время, если точка росы не наступает при −30 °C). В случае использования при максимально допустимой температуре срок службы подшипника составляет минимум 40 000 часов работы.

Рабочее колесо

Рабочие колеса с загнутыми вперед лопатками изготовлены из оцинкованного стального листа. Рабочие колеса с загнутыми назад лопатками изготовлены либо из пластмассы и закреплены на диске из оцинкованной стали, либо полностью выполнены из оцинкованной стали. Рабочие колеса запрессованы непосредственно на внешнем роторе двигателя.

Динамическая балансировка

Двигатель (двигатель и рабочее колесо) динамически сбалансированы по двум плоскостям в соответствии со стандартом DIN ISO 1940.

Потребляемая мощность

Максимальная потребляемая мощность рабочих колес с загнутыми вперед лопатками достигается при выдувании в свободное пространство. По мере увеличения подпора потребляемая мощность уменьшается.

Максимальная потребляемая мощность рабочих колес с загнутыми назад лопатками достигается в низконапорной зоне (первая треть) характеристики.

Корпус

Корпус почти всех вентиляторов изготавливаются из горячекатаного оцинкованного стального листа. На сталь нанесен слой цинка толщиной минимум 20 мкм, что является хорошей защитой от коррозии. Заготовки из оцинкованного стального листа либо свариваются с помощью точечной сварки, либо соединяются на саморезных винтах или заклепках.

Выдвижная дверца

Двигатели вентиляторов серии KVKE, RS, RSI, CKS, TOD и TOE располагаются на выдвижной дверце, что облегчает очистку и обслуживание вентиляторов.

Размеры воздуховодов

Прямоугольные вентиляторы имеют размеры от 300 × 150 мм до 1000 × 500 мм, круглые вентиляторы имеют размеры от 100 мм до 500 мм, а квадратные — от 450 × 450 мм до 650 × 650 мм.

IBIK

Покрытие

Корпусы вентиляторов серий K, KV, KD, RSI, TOD, TOE, TFER, RVF покрашены, что представляет дополнительную защиту от коррозии. Покрытие имеет твердую, но в то же время эластичную поверхность. Эти качества обеспечивают высокую устойчивость покрытия к внешним повреждениям. При покраске вентиляторов используются такие цвета: черный (для крышных вентиляторов), синий (для канальных вентиляторов). Толщина покрытия минимум 40 мкм. Вентиляторы серий K и KV могут быть как покрашены, так и не покрашены.

Звукоизоляция

Вентиляторы серий KVK, KVKE, RSI, TFEQ, TFDQ изолируются слоем 50 мм минеральной ваты. Материал звукоизоляции огнестойкий, изготавливается из минеральной ваты с облицовкой из нетканого стекловолокна. Рабочая температура – 250 °C, температура размягчения – более 1000 °C. Изоляция влагоустойчива, не гигроскопична и не капиллярна.

Установка

Все вентиляторы можно устанавливать под любым углом. Крышные вентиляторы рекомендуется устанавливать в горизонтальном положении. Также для обеспечения виброизоляции рекомендуется использовать быстросъемные хомуты (для круглых вентиляторов) или гибкие соединения (для прямоугольных вентиляторов).

Регулирование частоты вращения

Все вентиляторы Systemair (за исключением серии EX 140-180 и серии MZ) могут регулироваться путем изменения подаваемого на вентилятор напряжения. Это обеспечивается электродвигателем с большим сопротивлением ротора.

На рис. 10.5.2 показаны характеристики стандартного асинхронного двигателя при пяти различных напряжениях. Характеристика *5* — при номинальном напряжении, другие (*1–4*) — при напряжениях меньших номинального. На рисунке также приведена характеристика момента вращения вентилятора. Частота вращения вентилятора при каждом напряжении может быть определена как точка пересечения кривых момента двигателя и момента вентилятора. При уменьшении напряжения, подаваемого на асинхронный электродвигатель, сначала частота вращения изменяется незначительно, но при определенном напряжении она резко падает до нуля (полная остановка). Из этого следует, что стандартные асинхронные двигатели нельзя регулировать путем уменьшения подаваемого напряжения.

На рис. 10.5.3. приведены зависимости момента электродвигателя от частоты вращения для пяти напряжений питания (кривые *1–5*) для электродвигателей Systemair, а также нагрузочная характеристика

IBIK

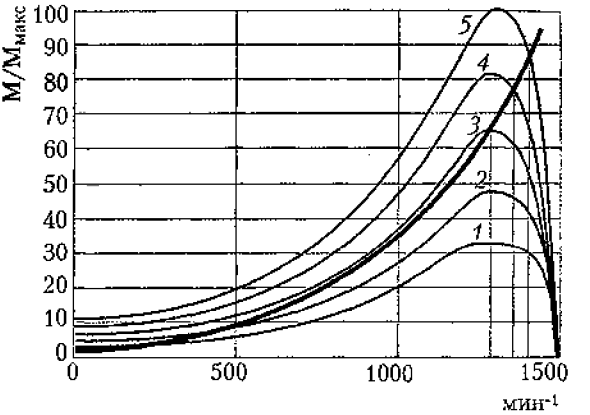


Рис. 10.5.2. Характеристика асинхронного нерегулируемого электродвигателя

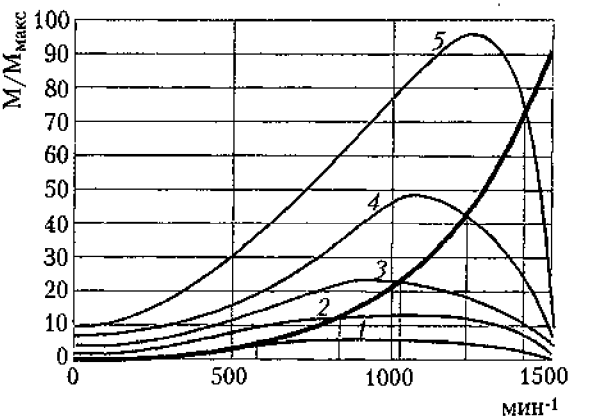


Рис. 10.5.3. Характеристика асинхронного регулируемого электродвигателя (Systemair)

(момент сопротивления) вентилятора. Все пять кривых имеют точки пересечения с нагрузочной характеристикой вентилятора, при этом обеспечивается нормальная работа электродвигателя. Частота вращения электродвигателя при изменении напряжения питания будет изменяться от 550 до 1400 мин$^{-1}$.

Таким образом, благодаря большому сопротивлению ротора электродвигателя обеспечивается регулировка частоты его вращения (плавная или дискретная).

Частота вращения электродвигателя может регулироваться путем изменения напряжения от 0 % до 100 %. Регулировка осуществляется плавно с помощью тиристорных регуляторов или ступенчато трансформаторами. Трансформатор имеет ряд преимуществ: он прост и компактен, а также не создает никаких помех (шум двигателя, радиопомехи). Недостатком является ограничение числа фиксированных позиций регулятора.

IBIK

Пять кривых на графиках характеристик вентиляторов Systamair соответствуют пяти различным напряжениям, выдаваемым трансформаторами.

№ кривой / Напряжение	1	2	3	4	5
однофазное	80	105	130	160	230
трехфазное	90	140	180	230	400

Трансформатор RTRE имеет встроенное термоконтактное реле, которое отключает питание от вентилятора при размыкании термоконтакта, расположенного в электродвигателе. Термоконтактное реле возвращается в исходное состояние установкой пятиступенчатого переключателя в нулевое положение на 5 с.

В трансформаторе REU встроено два независимых трансформатора, с помощью которых можно выставить разные скорости. Переключение с одного трансформатора на другой можно производить, например, с помощью реле времени для ночного и дневного режимов работы.

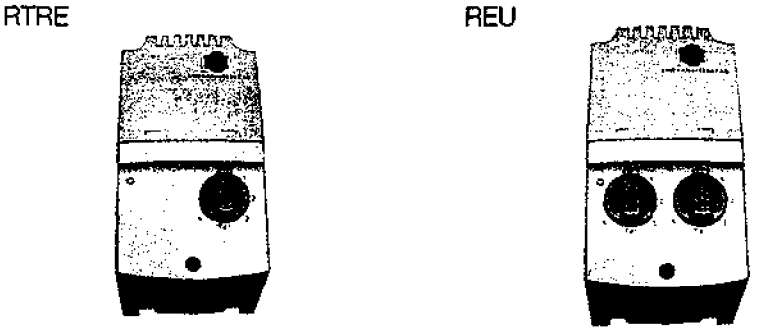


Рис. 10.5.4. Трансформаторы RTRE и REU (Systemair)

Применение тиристорных регуляторов может привести к некоторому шуму двигателя, особенно в однофазных вентиляторах при малых частотах вращения. Помимо этого, тиристорные регуляторы создают высокочастотные электрические помехи, которые могут влиять на радио- и телеприемники. Поэтому все тиристорные регуляторы Systemair имеют устройство подавления помех. Ручные тиристорные регуляторы недорогие, легко устанавливаются и обеспечивают плавную (бесшаговую) регулировку.

Термоконтактная защита двигателя

Обычно электродвигатели защищают от перегрузок с помощью устройств токовой защиты, которые контролируют потребляемый двигателем ток. Для двигателей, которые регулируются путем уменьшения напряжения, необходима другая защита. Большинство вентиляторов Systemair имеют встроенные термоконтакты,

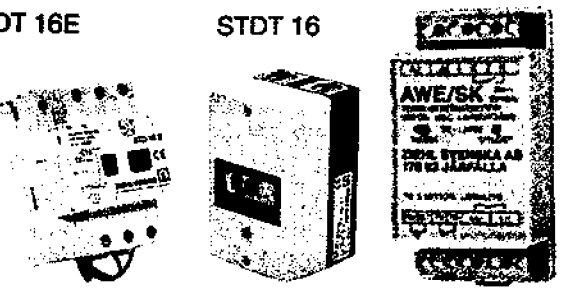
IBIK

предотвращающие перегрев двигателя. Термоконтакт представляет собой прерывающий контакт, который располагается на обмотках двигателя. Если температура обмотки превышает допустимое значение (по классу изоляции F — 155 °С, по классу изоляции B — 135 °С), контакт размыкает силовую цепь непосредственно (для двигателей с рабочим током до 0,45 А) или через термоконтактное реле.

Термоконтактные реле

Термоконтакты в небольших вентиляторах Systemair последовательно соединены с обмотками двигателя. Контакт с самовозвратом перезапускает двигатель автоматически.

Термоконтакт больших однофазных вентиляторов и всех трехфазных вентиляторов вынесен на клеммную коробку. Защита электродвигателя осуществляется с помощью термоконтактных реле, которые управляются термоконтактом электродвигателя. Существует несколько моделей таких реле.



Реле STET 10B(E) применяется для однофазных вентиляторов, а STDT 16 (E) – для трехфазных. Термоконтактное реле AWE-SK применяется для электродвигателей с током менее 0,45 А.

10.5.2. ТИПЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ ФИРМЫ SYSTEMAIR

Круглые канальные вентиляторы K/KV/KD

Круглые канальные вентиляторы K, KV и KD могут монтироваться в любом положении. Вентиляторы типа K соединяются с воздуховодами при помощи быстроразъемных муфт FK. Вентиляторы KV крепятся непосредственно к потолку или стене. Регулировка скорости вращения может производиться в диапазоне от 0 до 100 % с помощью тиристорного регулятора скорости MTY-AU или пятиступенчатого трансформатора типа RE или RTRE.

В вентиляторах K и KV используется рабочее колесо с загнутыми назад лопатками. В вентиляторах KD применено диагональное рабочее колесо, имеющее низкий уровень шумов. Вентиляторы имеют выходные отверстия для подключения воздуховодов диаметром 100, 125, 160, 200, 280, 315 мм (12 типоразмеров).

IBIK



Рис. 10.5.6. Круглые канальные вентиляторы K и KV (Systemair)

Технические характеристики:

- расход воздуха — от 195 до 1660 м^3/ч;
- число оборотов двигателя — 2300–2700 мин$^{-1}$;
- потребляемый ток — 0,11–1,39 А;
- уровень звукового давления — 34–50 дБ (А).

Крышные вентиляторы

Вентиляторы типа TFER имеют круглую форму и небольшую высоту. Корпус изготовлен из оцинкованной стали и покрашен в черный цвет. Они монтируются в крышный короб или раму, установленную в воздуховоде при помощи защелок. Рабочее колесо — с лопатками, загнутыми назад. Регулировка скорости вращения 0–100 %.

Вентиляторы TFE/TFD и TOE/TOD с вертикальным нагнетанием имеют механизм наклона корпуса, что облегчает обслуживание. Предусмотрен монтажный короб и виброизоляторы, встроенный термоконтакт. Ротор с лопатками, загнутыми назад.

Напряжение для вентиляторов TFE, TOE — 220 В; для вентиляторов TFD, TOD — 380 В.

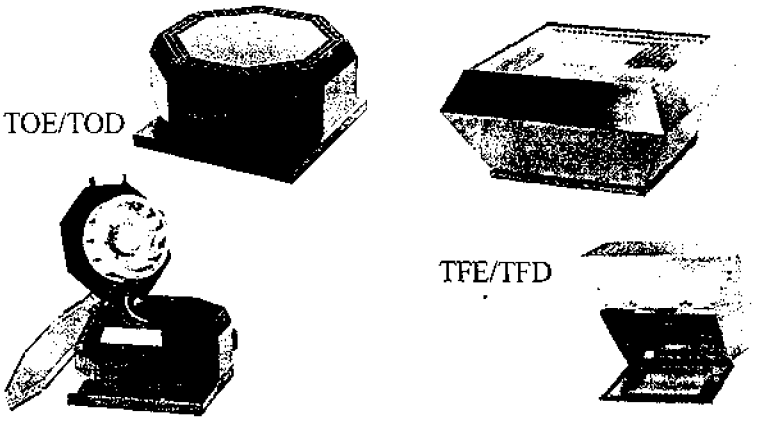


Рис. 10.5.7. Крышные вентиляторы Systemair

IBIK

Вентиляторы TFEQ/TFDQ отличаются высокой степенью защиты от возгорания и низким уровнем шума.

Прямоугольные канальные вентиляторы KE/KT

Прямоугольные канальные вентиляторы KE/KT монтируются в любом положении при помощи гибких соединений DS. Рабочее колесо — с лопатками, загнутыми вперед. Регулировка скорости — от 0 до 100 %. Имеется встроенный термоконтакт.

В вентиляторе RS имеется откидная дверка для облегчения обслуживания.

В вентиляторе RSI корпус изолирован изнутри слоем 50 мм звуко- и огнезащитной минеральной ваты.

Вентиляторы KDRE и KDRD имеют диагональное рабочее колесо (воздух всасывается под углом 90°), что снижает уровень шума.

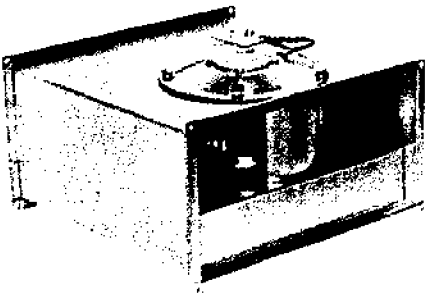


Рис. 10.5.8. Прямоугольные канальные вентиляторы KE/KT Systemair

Вентиляционные системы KFA/KFB/KFQ

Предназначены для небольших квартир и коттеджей. Система состоит из двух частей: зонд-вытяжка для плиты и вентилятор. К верхним патрубкам возможно подсоединение воздуховодов из ванной.

Рабочее колесо — легкосъемное. Подключение электрической сети — через розетку. Скорость регулируется встроенным трехступенчатым трансформатором.

Технические характеристики:

- диаметр воздуховода — 140 мм;
- расход воздуха — 330–460 м³/ч;
- уровень звукового давления — 50–60 дБ (А)

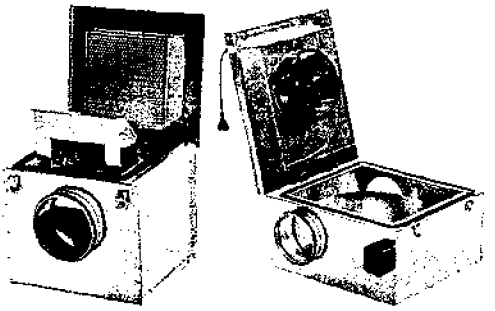
Центробежные вентиляторы KVK/KVKE

Это вентиляторы двустороннего всасывания с лопатками, загнутыми вперед. Вентиляторы KVKE одностороннего всасывания имеют рабочее колесо с лопатками, загнутыми назад, что обеспечивает низкий уровень шума.

Корпус вентиляторов — из оцинкованной стали с внутренней звуко- и теплозащитной изоляцией (50 мм) из минеральной ваты. Электродвигатель с рабочим колесом установлен на вращающемся кронштейне, что упрощает обслуживание.

Вентиляторы KVK/KVKE имеют выходные отверстия для подключения к воздуховодам диаметром 125, 160, 200, 250, 315, 355 и 400 мм (8 типоразмеров).

IBIK



KVK *KVKE*

Рис. 10.5.9. Центробежные вентиляторы Systemair

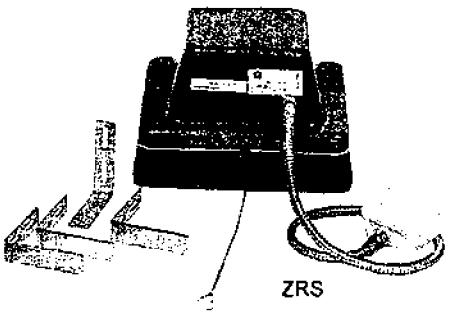


Рис. 10.5.10. Вентиляторы дымоудаления Systemair

Технические характеристики:

- расход воздуха составляет — от 190 до 2600 м³/ч;
- число оборотов — 1170–2010 мин⁻¹;
- потребляемая мощность — 41–638 Вт;
- номинальный ток — 0,17–2,78 А;
- уровень звукового давления — 28–42 дБ (А);
- масса — 11,2–41,0 кг.

Вентиляторы дымоудаления ZRS-180

Вентиляторы дымоудаления ZRS-180 предназначены для каминов со слабой тягой для исключения опрокидывания тяги. Вентилятор устанавливается на дымовой трубе. Электродвигатель имеет две крыльчатки, одна из которых предназначена для охлаждения электродвигателя, а другая — для создания потоков воздуха.

Технические характеристики:

- расход воздуха — 300–500 м³/ч;
- число оборотов — 2 500 мин⁻¹;
- уровень звукового давления — 37–41 дБ (А).

10.6. АСПИРАЦИЯ И ПНЕВМОТРАНСПОРТ

Аспирационные (всасывающие) установки предназначены для отсоса вредных выделений (пыли, водяного пара, горячего воздуха, вредных газов) с рабочих мест и от технологического оборудования. Для этого оборудование, выделяющее вредные вещества, оснащается местными отсосами, из которых производится аспирация загрязненного воздуха. Это исключает возможность распространения опасных веществ в рабочем помещении и позволяет соблюдать санитарно-гигиенические требования.

Принципиальная схема аспирационной установки отличается от схемы общеобменной вентиляции только наличием местного отсоса и устройством для очистки воздуха перед выбросом его в атмосферу.

На промышленных предприятиях широко используются установки пневматического транспортирования материалов.

IBIK

Под пневматическим транспортом понимают перемещение некоторых материалов по каналам с помощью потока воздуха. Пневмотранспортом пользуются для перемещения зерна, муки, отходов текстильного производства, древесной и металлической стружки, абразивной пыли. Пневмотранспорт позволяет увеличить производительность труда, сократить потери продуктов, улучшить условия труда. Кроме того, при использовании пневмотранспорта производится дополнительная обработка материалов, например, очистка и осушка зерна, рыхление текстильных очесов и т. д.

Принципиальная схема пневмотранспорта в значительной мере отличается от схемы общеобменной вентиляции. Для пневматического транспортирования материалов применяют три вида пневмотранспортных установок: ***всасывающие, нагнетательные и смешанные.***

На рис. 10.6.1. показана схема всасывающей пневмотранспортной установки.

Транспортируемый материал собирается в пылеприемник, откуда под действием разрежения, создаваемого вентилятором, перемещается к вентилятору. Перед ним установлен отделитель крупных частиц, в котором происходит снижение скорости движения транспортируемого материала. Крупные частицы под действием силы тяжести выпадают из общего потока и оседают на дно отделителя, а мелкие через вентилятор попадают в циклон. В циклоне происходит отделение транспортируемого материала от воздуха. Материал оседает в сборный бункер, а воздух выбрасывается в атмосферу. Наличие перед вентилятором отделителя крупных частиц предохраняет вентилятор от поломок. Во всех пневмотранспортных установках ставятся пылевые вентиляторы.

Для транспортирования сыпучих материалов применяются нагнетательные пневмотранспортные установки, в которых вся система находится под избыточным давлением (рис. 10.6.2).

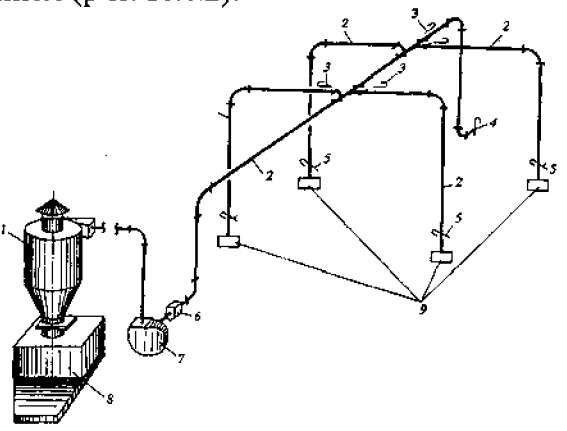


Рис. 10.6.1. Схема всасывающей пневмотранспортной установки:
1 – циклон для отделения материалов; *2* – система воздуховодов;
3 – лючки для очистки воздуховодов;
4 – напольный отсос;
5 – запорные устройства;
6 – отделитель крупных частиц;
7 – вентилятор;
8 – сборный бункер;
9 – пылеприемники

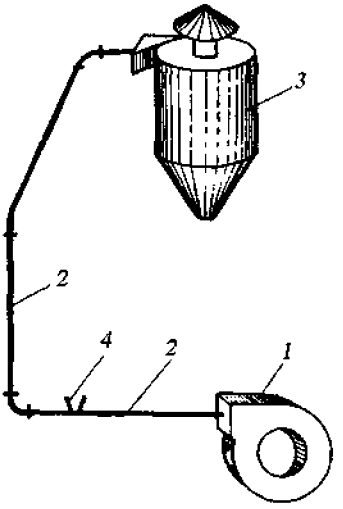


Рис. 10.6.2. Схема нагнетательной пневмотранспортной установки:
1 – вентилятор;
2 – воздуховоды;
3 – продуктоотделитель;
4 – питатель

Вентилятор (*1*) создает в воздуховодах (*2*) давление и из питателя (*4*) засасывает в воздуховод транспортируемый материал. Продукты транспортировки потоком воздуха перемещаются по воздуховодам в продуктоотделитель (*3*), в котором происходит отделение продуктов от воздуха. Продукты собираются в бункер, а воздух выбрасывается в атмосферу.

В тех случаях, когда радиус действия установки превышает 30 м и количество станков велико, применяется смешанная система пневмотранспорта (рис. 10.6.3). В этой схеме часть системы находится под разряжением, а часть под избыточным давлением. Так же как и во всасывающей системе, отходы или транспортируемый материал поступает в приемник (*4*), затем по системе воздуховодов (*3*) передвигается к вентилятору (*6*), перед которым стоит отделитель крупных частиц (*5*). Этот вентилятор нагнетает воздух, содержащий отходы или транспортируемый материал, в промежуточный отделитель (*2*), в котором происходит частичное отделение отходов от воздуха. Из промежуточного отделителя вентилятор (*7*) отсасывает воздух, содержащий некоторое количество отходов, и нагнетает его в фильтр (*1*), где происходит окончательное отделение отходов от воздуха. Отходы собираются в сборный бункер (*8*), а воздух выбрасывается в атмосферу.

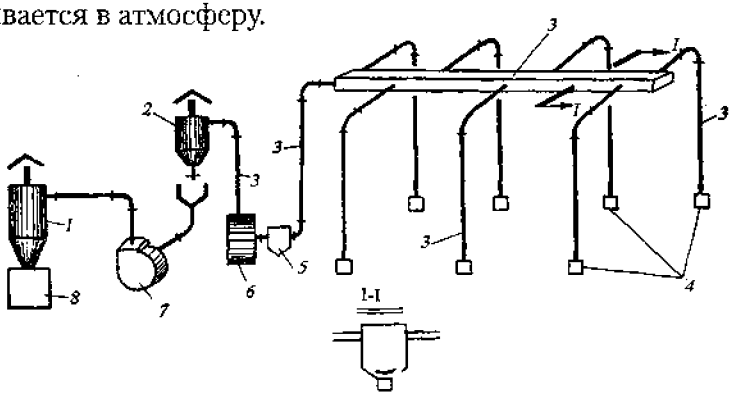


Рис. 10.6.3. Схема смешанной пневмотранспортной установки:
1 – фильтр; *2* – промежуточный отделитель; *3* – система воздуховодов; *4* – приемник;
5 – отделитель крупных частиц; *6*, *7* – вентиляторы; *8* – сборный бункер

IBIK

Воздуховоды для систем аспирации и пневмотранспорта изготавливаются из листовой стали толщиной 1–2 мм на сварке. При изготовлении воздуховодов из оцинкованной стали производят пропайку швов.

Отводы для систем пневмотранспорта выполняют с радиусом закругления не менее двух диаметров воздуховода. Поскольку отводы наиболее всего подвергаются износу в результате трения материала, они должны быть толстостенными и легко заменяться без полной разборки системы. На воздуховодах около мест поворотов и ответвлений устанавливаются герметичные лючки для прочистки воздуховодов при засорении. Для отключения отдельных участков от всей системы воздуховодов устанавливаются шиберы.

Отдельные элементы воздуховодов собираются в единую систему при помощи фланцев с резиновыми прокладками. Воздуховоды, проходящие вне помещения, необходимо теплоизолировать, чтобы предохранить их от конденсации влаги.

10.7. ИСПЫТАНИЕ И РЕГУЛИРОВКА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

10.7.1. ИСПЫТАНИЕ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Испытание вентиляторов осуществляют для проверки соответствия фактического режима его работы характеристике по каталогу и расчетным данным. Для установления фактического режима работы вентилятора определяют:

- перемещаемое количество воздуха, $L_ф$ (м^3/час);
- полное давление, развиваемое вентилятором $P_п$ (кПа);
- частоту вращения колеса вентилятора n (мин$^{-1}$);
- мощность, потребляемую вентилятором N (Вт).

Подачу вентилятора определяют в сечениях до и после него.

Полное давление, развиваемое вентилятором при его испытании в сети, находят как разность полных давлений на нагнетании и всасывании. Давление до и после вентилятора замеряют в плоскости фланцевых соединений всасывающего и нагнетательного патрубков центробежных вентиляторов или у фланцевых соединений всасывающего и нагнетательного воздуховодов для вентиляторов, установленных в воздуховоде.

При испытании вентилятора с двусторонним всасыванием его подачу определяют замерами расходов на прямых участках линии нагнетания. При достаточной герметичности камеры, в которой размещен вентилятор с двусторонним всасыванием, расход воздуха на всасывании определяют соответствующими измерениями на прямых участках всасывающих воздуховодов до камеры.

IBIK

Мощность на валу вентилятора $N_в$ определяется по формуле:

$$N_в = N_{эл}\eta_э\eta_п, \text{ кВт}, \qquad (10.7.1)$$

где $N_{эл}$ — мощность, потребляемая электродвигателем, кВт;

$\eta_э$ и $\eta_п$ — КПД электродвигателя и передачи соответственно.

Перед сопоставлением фактического режима работы вентилятора с данными по каталогу необходимо величину замеренного полного давления, развиваемого вентилятором, привести к стандартным условиям воздуха (при давлении 760 мм рт. ст., температуре 20°С, относительной влажности 50 %), используя формулу:

$$P_ф = P_п \frac{760 \cdot (273 + t)}{293 \cdot P_б}, \qquad (10.7.2)$$

где $P_ф$ — измеренное полное давление, приведенное к стандартным условиям воздуха, Па;

$P_п$ — измеренное полное давление, Па;

760 — барометрическое давление стандартного воздуха, мм рт. ст.;

$P_б$ — измеренное барометрическое давление, мм рт. ст.;

t — измеренная температура воздуха, °С.

Если точка на графике (рис. 10.7.1), определяемая фактической подачей $L_ф$ и фактическим полным давлением $P_ф$, совпадает с характеристикой по каталогу, построенной для замеренной скорости вращения, вентилятор следует считать соответствующим каталогу. В случае, если фактическая подача $L_ф$ не соответствует проектной $L_п$, то необходимо вторично проверить состояние сети: соответствие ее фактических размеров проекту, засоренность воздуховодов, загрязнение пылеулавливающих устройств, затем исправить сеть. Если точка, определяемая фактической подачей и фактическим давлением, окажется ниже кривой характеристики по каталогу, это означает, что работа вентилятора не соответствует данным, указанным в каталоге (рис. 10.7.2).

В таких случаях необходимо проверить, соответствует ли фактическая аэродинамическая схема вентилятора каталогу и соответствуют ли условия входа воздушного потока в патрубок вентилятора условиям входа воздуха, принятым при составлении его характеристики, и устранить выявленные дефекты. Если фактический режим работы вентилятора определяется точкой *а* (рис. 10.7.2), то это означает, что помимо наличия дефектов вентилятора, фактическая характеристика сети не соответствует проектной или расчетной, и, следовательно, необходимо выявить и устранить неисправности сети.

IBIK

Отклонение величины полного давления от характеристики по каталогу допускается в пределах ± 5 %.

Основные причины, снижающие развиваемое вентилятором давление при определенной частоте вращения колеса вентилятора, и рекомендации по их устранению следующие:

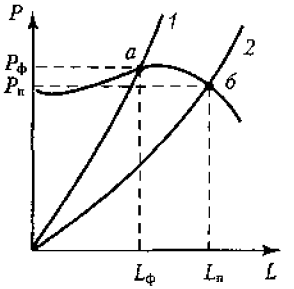


Рис. 10.7.1. График режима работы вентилятора, соответствующего каталогу:
а — точка фактической производительности и фактическое давление, создаваемое вентилятором;
б — точка проектной производительности и проектное давление;
1 — фактическая характеристика сети;
2 — проектная характеристика сети

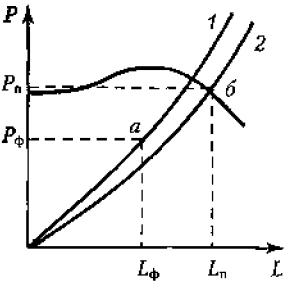


Рис. 10.7.2. График режима работы вентилятора, не соответствующего каталогу:
а — точка фактической производительности и фактическое давление, создаваемое вентилятором;
б — точка проектной производительности;
1 — фактическая характеристика сети;
2 — проектная характеристика сети.

1. Большой прогиб в мягкой вставке на входе в вентилятор

В мягкую вставку помещают двойное распорное кольцо из стальной оцинкованной проволоки диаметром 2–3 мм. Перекосы, возникающие в мягких вставках устраняют.

2. Отвод или другие местные сопротивления расположены вблизи всасывающего патрубка вентилятора

При установке отвода на расстоянии одного диаметра от всасывающего патрубка полное давление, развиваемое вентилятором, снижается до 35 % от значения по каталогу. Вентиляционный агрегат устанавливают так, чтобы не было отводов перед вентилятором или чтобы прямой участок перед всасывающим патрубком имел длину не менее 4 диаметров. Если этого сделать нельзя, то в отвод устанавливают направляющие лопатки.

3. Отложение солей, жиров, грязи на лопатках колеса и кожухе вентилятора

Колесо и кожух очищают от загрязнений и предпринимают меры по улавливанию веществ, загрязняющих колесо и кожух. Вмятины или неплотности в кожухе вентилятора устраняют.

IBIK

4. Вращение колеса в обратном направлении

Направление вращения определяют до испытания вентилятора. Если обнаружено неправильное направление вращения колеса, переключают провода у электродвигателя, поменяв местами любые два провода в трехфазной проводке.

Вопрос о замене вентилятора или изменении его режима работы решается только после регулировки вентиляционной установки. После регулировки повторно измеряют полное давление и подачу вентилятора. Если подача вентилятора, замеренная после регулировки, не будет соответствовать требуемому значению, ее изменяют следующим образом:

- при недостаточной подаче увеличивают частоту вращения колеса вентилятора или заменяют его другим типоразмером;
- при подаче, превышающей необходимую, уменьшают частоту вращения колеса вентилятора или с помощью диафрагмы создают в воздуховоде у вентилятора дополнительное местное сопротивление.

Частоту вращения колеса вентилятора можно увеличить при условии соблюдения допустимой окружной скорости рабочего колеса, а также достаточной мощности установленного электродвигателя, пользуясь соотношениями (10.4.12 и 10.4.13).

Вентилятор необходимо заменить, если нельзя повысить производительность установки увеличением частоты вращения колеса вентилятора.

Если по диаграмме в каталоге режим работы вентилятора оказывается в области низких значений КПД, слева от области экономичного режима работы, то его заменяют вентилятором того же типа, но меньшего размера и с большей частотой вращения колеса вентилятора. Если по диаграмме в каталоге режим работы вентилятора оказывается в области низких значений КПД, справа от области экономичного режима работы, то его заменяют вентилятором того же типа, но большего размера и с меньшей частотой вращения колеса.

Для проверки целесообразности параллельной работы двух вентиляторов на одну и ту же сеть строят их суммарную характеристику.

10.7.2. ИСПЫТАНИЕ И РЕГУЛИРОВКА ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Аэродинамическое испытание вентиляционных сетей производят при полностью открытых дросселирующих устройствах, имеющихся как на общем воздуховоде, так и на всех ответвлениях от него. Регулирующие устройства, встроенные в конструкции различных воздухораспределителей приточных установок, должны быть полностью открыты.

IBIK

Если при открытых дросселирующих устройствах электродвигатель вентилятора перегревается, перекрывают дроссель на магистральном участке сети.

При отсутствии дросселирующего устройства между фланцами общего воздуховода на всасывающей или нагнетательной линии устанавливают вставку (диафрагму) из кровельной стали. Дросселирование осуществляют до тех пор, пока сила тока, измеряемая в цепи, не уменьшится до номинального значения, соответствующего мощности электродвигателя, и его перегрев не прекратится. После этого приступают к испытанию сети.

При испытании сети определяют:

- фактические расходы воздуха в основании всех ветвей сети, во всех воздухоприемных и воздуховыпускных отверстиях до и после пылеулавливающих устройств, увлажнительных камер и калориферных установок;
- падение давления в калориферных установках, пылеулавливающих устройствах, увлажнительных камерах и местных отсосах;
- скорость выхода воздуха из приточных отверстий;
- уровень шумов, создаваемых вентиляционной системой.

Расход воздуха регулируется с помощью дросселирующих устройств или диафрагм, устанавливаемых между фланцами.

Регулировка сети может осуществляться следующими способами:

1. Последовательным уравниванием отношений фактических и требуемых расходов воздуха.
2. Постепенным приближением к заранее заданному отношению фактического и требуемого расхода воздуха.
3. Уравниванием отношений фактических и требуемых расходов воздуха с использованием характеристик участков сети.

Первый способ применяют при регулировке разветвленных сетей, отсутствии условий для установки дросселирующих органов и невозможности измерения потерь давления в ответвлениях.

Второй способ применяют для малоразветвленных сетей с небольшим числом вентиляционных отверстий и при наличии условий для установки дросселирующих органов и замера потерь давления в ответвлениях.

Третий способ применяют в тех случаях, когда регулирующие органы установлены на прямых участках воздуховодов на расстоянии не менее четырех–пяти диаметров за местным сопротивлением и не менее двух диаметров до последующего местного сопротивления, а также если есть возможность замерить сопротивления всех ответвлений.

IBIK

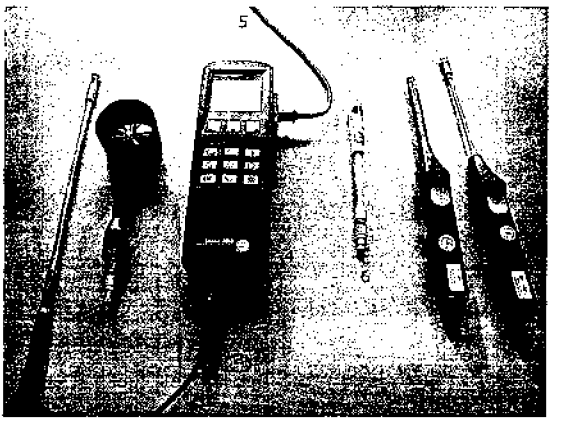


Рис. 10.7.3. Комплект Testo-400 для измерения параметров воздуха:
1 – анемометр диаметром 10 мм для малых скоростей воздуха;
2 – анемометр диаметром 60 мм для больших скоростей воздуха;
3 – кабель для подключения сменных датчиков;
4 – измерительный прибор;
5 – кабель для подключения к компьютеру;
6 – датчик диаметром 16 мм для измерения скорости и температуры воздуха;
7 – датчик для измерения влажности и температуры воздуха;
8 – точечный быстродействующий датчик температуры

На практике вентиляционные сети, позволяющие использовать последний способ регулировки, встречаются редко, поэтому рассмотрим первый и второй методы.

1. Регулировка способом последовательного уравнивания отношений фактических и требуемых расходов воздуха

Регулировку по этому способу осуществляют в два этапа: регулировка по отверстиям каждого ответвления и по ответвлениям сети.

Процесс производится в такой последовательности:

- открывают регулирующие устройства на ответвлениях и на приточных или вытяжных отверстиях;
- в двух наиболее удаленных от вентилятора отверстиях одного ответвления сети с помощью регулирующих устройств устанавливают отношение фактических расходов воздуха, равное требуемому, по формуле:

$$\frac{L_{1\text{ф}}}{L_{2\text{ф}}} = \frac{L_{1\text{тр}}}{L_{2\text{тр}}}, \qquad (10.7.3)$$

где $L_{1\text{ф}}$, $L_{2\text{ф}}$ — фактические расходы через первое и второе отверстия соответственно, м^3/ч;

$L_{1\text{тр}}$, $L_{2\text{тр}}$ — требуемые расходы воздуха через первое и второе отверстия соответственно, м^3/ч.

Принимая два отрегулированных отверстия за одно, получаем равенство:

IBIK

$$\frac{L_{1ф} + L_{2ф}}{L_{3ф}} = \frac{L_{1ТР} + L_{2ТР}}{L_{3ТР}}, \qquad (10.7.4)$$

где $L_{3ф}$ и $L_{3ТР}$ – фактический и требуемый расходы воздуха через третье отверстие, м³/ч.

Последующие отверстия регулируют, исходя из условия равенства:

$$\frac{L_{1ф} + L_{2ф} + ... + L_{n-1ф}}{L_{nф}} = \frac{L_{1ТР} + L_{2ТР} + ... + L_{n-2ТР}}{L_{nТР}}. \qquad (10.7.5)$$

Отрегулировав все ответвления по отверстиям, производят регулировку по ответвлениям сети. Регулировку начинают с двух наиболее удаленных от вентилятора ответвлений, в которых устанавливают расход воздуха, отвечающий отношению

$$\frac{L_{отв.1ф}}{L_{отв.2ф}} = \frac{L_{отв.1ТР}}{L_{отв.ТР}}. \qquad (10.7.6)$$

где $L_{отв.1ф}$, $L_{отв.2ф}$ – фактические расходы воздуха в первом и втором отверстиях соответственно, м³/ч;



Рис. 10.7.4. Измерение скорости воздуха на рабочем месте (выход измерителя Testo-400 подключен к персональному компьютеру)

IBIK

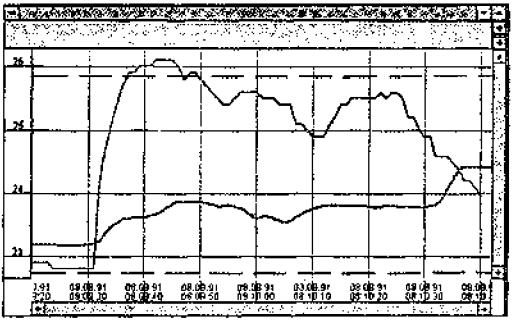


Рис. 10.7.5. Отображение изменения температуры и скорости воздуха на экране персонального компьютера, соединенного с прибором Testo-400

$L_{отв.1ТР}$, $L_{отв.2ТР}$ — требуемые расходы воздуха в первом и втором ответвлениях соответственно, м^3/ч.

Остальные ответвления регулируют таким же методом.

2. Регулировка способом постепенного приближения к заранее заданному отношению фактического и требуемого расхода воздуха

При этом способе учитывается, что производительность вентиляционной установки после регулировки снижается на 10–20 %. Поэтому регулировку производят по соотношению:

$$L = (0{,}8 - 0{,}9) \cdot L_{ф} / L_{ТР}, \qquad (10.7.7)$$

где $L_{ф}$ и $L_{ТР}$ — фактическая и требуемая производительность вентиляционной установки.

Вначале устанавливают предварительное (приближенное) соответствие расхода воздуха по ответвлениям сети заданному отношению, а затем производят такую же приближенную регулировку по отдельным отверстиям каждого ответвления. После этого вновь проверяют и корректируют распределение воздуха по ответвлениям и по отверстиям. Работу продолжают в такой последовательности до тех пор, пока расхождение между отношением фактического расхода воздуха к требуемому в каждом отверстии не превысит допустимого.

После регулировки вентиляционной сети определяют изменившуюся подачу и полное давление, развиваемое вентилятором. Если подача вентилятора не соответствует требуемой, необходимый расход воздуха может быть обеспечен согласно приведенным указаниям.

IBIK

Раздел 11

Шумовые характеристики систем вентиляции и кондиционирования воздуха

11.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Звук — это механическое колебание материальных частиц упругой, твердой, жидкой или газообразной среды. Интервал частот, воспринимаемых ухом человека, находится между 16 Гц и 20 000 Гц. Звуки ниже 16 Гц называются инфразвуком, а свыше 20 000 Гц — ультразвуком. Инфразвуковые и ультразвуковые колебания не воспринимаются ухом, однако они оказывают сильное воздействие на организм человека. Оно может быть как благотворным, так и пагубным.

Если колебания среды носят синусоидальный характер, звук называют ***гармоническим*** или ***чистым*** (рис. 11.1.1). Несколько гармонических звуков образуют совокупность, называемую сложным звуком. Любой периодически повторяющийся звук можно разложить на ряд гармонических составляющих (ряд Фурье). В этом случае чистый звук с наименьшей частотой называют ***основным тоном***, а остальные — ***обертонами***.

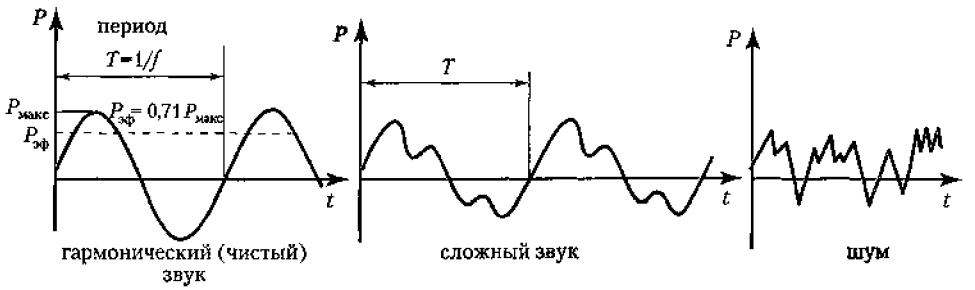


Рис. 11.1.1. Типовые колебания воздуха (простой звук, сложный звук и шум)

IBIK

Если колебания носят непериодический произвольный характер, то такой звук называют ***шумом***. Шум также может быть представлен в виде суммы (ряда) гармонических колебаний:

$$f(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty}(a_k \cdot \cos kt + b_k \sin kt). \qquad (11.1.1)$$

Коэффициенты a_k и b_k определяются по формулам Эйлера-Фурье [14].

Чистый гармонический звук можно записать в виде:

$$f(t) = A_0 \cdot \sin(2\pi f + \varphi), \qquad (11.1.2)$$

где f — частота колебаний, Гц ($с^{-1}$);

φ — угол сдвига по фазе.

Для гармонического колебания справедливы соотношения:

$$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f} \;;\; w = 2\pi f, \qquad (11.1.3)$$

где c — скорость распространения звука в среде, м/с

T — период колебаний, $1/f$, с.

Скорость звука в газах определяется по формуле Лапласа [21]:

$$c = 91{,}2\sqrt{\frac{\gamma \cdot T}{M_м}}, \text{ м/с}, \qquad (11.1.4)$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1{,}4$ для воздуха;

$M_м$ — молекулярная масса воздуха, $M_м = 29$.

Отсюда скорость звука в воздухе при $t = 0$ °С ($T = 273{,}16$ К) равна 332 м/с. В зависимости от температуры скорость звука в воздухе можно рассчитать по формуле:

$$c = 332 + 0{,}6t, \text{ м/с}. \qquad (11.1.5)$$

Так, при $t = -10$ °С скорость звука в воздухе будет 325,6 м/с, при $t = +20$ °С — 343,8 м/с, а при $t = 40$ °С — 353,3 м/с.

Источник звуковых волн порождает акустическое (звуковое) давление, выражаемое уравнением:

$$P = P_{max} \cdot \cos(\omega t + \varphi), \qquad (11.1.6)$$

где P_{max} — максимальная амплитуда давления.

Эффективное акустическое давление $P_{эф}$ соответствует среднеинтегральному значению мгновенного акустического давления за данный временной интервал. Акустическое давление измеряется в $Н/м^2$, Па или мкбар (микробар).

IBIK

$$1\text{Н/м}^2 = 1\ \text{Па} = 10\ \text{мкбар}. \qquad (11.1.7)$$

Акустическое давление обычного разговора на расстоянии 1 м от говорящего находится в пределах от 0,1 до 1,0 Н/м². Наиболее слабое акустическое давление, воспринимаемое человеческим ухом (порог слышимости), равно $2\cdot10^{-5}$ Н/м², а болевой порог достигает 20 Н/м². Диапазон звукового давления, которое воспринимает человек ухом, охватывает от 20 до $2\cdot10^{-5}$ Н/м², то есть $\frac{20}{2\cdot10^{-5}} = 10^6$.

Пользоваться таким большим диапазоном при измерениях неудобно, поэтому за единицу величины звукового давления приняли уровень звукового давления относительно порога слышимости, измеряемый в децибелах (дБ):

$$L_p = 20\lg\frac{p}{p_0},\ \text{дБ}. \qquad (11.1.8)$$

Уровень звукового (акустического) давления порога слышимости:

$$L_{p0} = 20\lg\frac{p_0}{p_0} = 0,\ \text{дБ}. \qquad (11.1.9)$$

Уровень звукового давления, соответствующий болевому порогу, равен 120 дБ.

В таблице 11.1.1 приведены значения акустических давлений и уровней акустических давлений, соответствующих различным источникам звука.

Применяются также понятия акустической мощности и уровня звуковой (акустической) мощности.

Мгновенная акустическая мощность W, приходящаяся на элемент данной поверхности, расположенной перпендикулярно направлению распространения звуковой волны, выражается отношением:

$$W = S\frac{p^2}{\rho\cdot c},\ \text{Вт}, \qquad (11.1.10)$$

где S — площадь рассматриваемой поверхности, м²;

p — звуковое давление, Н/м²;

ρ — плотность среды, кг/м³;

c — скорость звука, м/с.

Поскольку акустические мощности, как правило, очень малы, их выражают в большинстве случаев в микроваттах (мкВт).

Уровень звуковой мощности L_w определяется по формуле:

ІВІК

Таблица 11.1.1. Значения акустических давлений и уровней акустических давлений

Акустическое давление, Н/м²	Уровень акустического давления, дБ (А)	Источник звука
200	140	Реактивный двигатель на испытательном стенде
63,2	130	Реактивный самолет с полной тягой на расстоянии 30 м
20	120	Болевой порог, близкий взрыв
6,325	110	Самолет на расстоянии 10 м; автомобильный сигнал на расстоянии 1 м; рок-оркестр
2	100	Столярный или котельный цех
1,125	95	Метро, грузовой автомобиль на расстоянии 7 м, мотоцикл
0,632	90	Салон автобуса, миксер на расстоянии 0,7 м
0,2	80	Уличный шум при интенсивном движении, контора с многочисленными пишущими машинками
0,1125	75	Легковой автомобиль на расстоянии 7 м
0,0632	70	Купе поезда, классический оркестр, телевизор
0,0356	65	Разговор на расстоянии 1 м
0,02	60	Человеческая речь, радио, небольшая контора
0,00632	50	Бесшумный автомобиль
0,02	40	Тихая улица, часы, тихая деревня
0,000632	30	Тихая комната
0,0002	20	Шепот на расстоянии 1,2 м
0,0000632	10	Шелест листвы
0,00002	0	Порог слышимости

Таблица 11.1.2. Примеры уровня звуковых мощностей

Акустическая мощность, Вт	Уровень акустической мощности, дБ	Источник звука
40 000 000	196	Ракета "Сатурн" на взлете
100 000	170	Прямоточный воздушно-реактивный двигатель
10 000	160	Турбореактивный двигатель
1 000	150	Четырехмоторный самолет
100	140	Резкий автомобильный гудок
10	130	Большой оркестр
1	120	Болевой порог
0,1	110	Радио, включенное на полную громкость
0,01	100	Автомобиль на автостраде
0,001	90	Шум в метро
0,0001	80	Громкий разговор
0,00001	70	Нормальный разговор
0,000001	60	Контора
0,0000001	50	Тихий разговор
0,00000001	40	Шепот
0,000000001	30	Шум листвы
0,0000000000001	0	Порог слышимости

$$L_w = 10\lg\frac{W}{W_0}, \text{ дБ}, \qquad (11.1.11)$$

где $W_0 = 10^{-12}$ Вт.

Между L_p и L_w существует зависимость:

$$L_w = L_p + 10\lg\frac{S}{S_0}, \qquad (11.1.12)$$

где $S_0 = 1$ м².

Представим себе точечный источник звука, создающий сферическое звуковое поле, для которого $S_0 = 1$ м². На расстоянии r от источника звука $S = 4\pi r^2$, тогда

IBIK

$$L_w = L_p + 10\lg\frac{4\pi r^2}{1} = L_p + 10(\lg 4\pi + 2\lg r) =$$
$$= L_p + 10(1{,}1 + 2\lg r) = L_p + 11 + 20\lg r. \qquad (11.1.13)$$

Следовательно, уровень звуковой мощности больше уровня звукового давления на величину

$$\Delta L = 11 + 20\lg r. \qquad (11.1.14)$$

Звуковое давление уменьшается при увеличении расстояния до источника и зависит от акустических свойств помещения.

r	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$20\lg r$	0	3,5	6,0	8,0	9,5

Звуковая мощность не зависит от конструкции помещения и поэтому ее удобно использовать для сравнения акустических характеристик источников звука (например, вентиляторов, кондиционеров).

В паспортах фирмы-поставщики оборудования дают различные значения уровня шума: одни указывают значение уровня звуковой мощности, другие — уровня звукового давления. Потребителям следует обращать на это внимание, выбирая то или иное оборудование.

В последних документах фирмы MHI (2002) приводятся обе технические характеристики. Так, для кондиционера SRK25ZB-S (внутренний блок) уровень звуковой мощности равен 42 дБ(А), а уровень звукового давления — 28 дБ(А). Для наружного блока SRC25ZB-S — соответственно 58 дБ(А) и 44 дБ(А) [36].

В государственных стандартах Украины при указании допустимого значения уровня звука используется среднеквадратичное значение звукового давления в каждой октавной полосе или эффективное (эквивалентное) значение звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера (определения этих величин приводятся ниже).

На практике звук редко распространяется равномерно по всем направлениям. Существуют направления преимущественного распространения, которые учитываются коэффициентом направления Q следующим образом:

$$L_w = L_p + 10\lg\frac{4\pi r^2}{Q}, \qquad (11.1.15)$$

где Q равно отношению плотности акустического потока, излучаемого в данном направлении, к плотности сферического акустического потока, излучаемого источником звука той же мощности. Распространению звука во все стороны (сферическое) соответствует $Q = 1$.

IBIK

Если излучатель установлен на середине стены, то $Q = 2$, в торце потолка и стены — $Q = 4$, в углу — $Q = 8$ (рис. 11.1.2).

В технической литературе можно встретить такой параметр, как интенсивность или сила звука, который определяется как частное от деления мгновенной акустической мощности, проходящей через элемент поверхности, на площадь этого элемента.

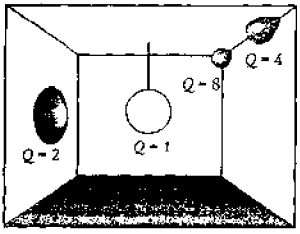


Рис. 11.1.2. Величина коэффициента направленности в различных точках помещения

Для поверхности площадью S акустическая интенсивность определяется выражением:

$$I = \frac{W}{S}, \text{ Вт/м}^2. \qquad (11.1.16)$$

Для сферической поверхности:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2}, \text{ Вт/м}^2. \qquad (11.1.17)$$

Порог слышимости соответствует 10^{-12} Вт/м^2, а болевой порог — 1 Вт/м^2. Аналогично выводится уровень интенсивности звука:

$$L_i = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБ}. \qquad (11.1.18)$$

где I_0 — опорное значение интенсивности звука, равное 10^{-12} Вт/м^2.

В зависимости от частоты колебаний звука определяют его величину или тон. При равном акустическом давлении более высоким будет звук с большей частотой.

11.2. СПЕКТРЫ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

Любые звуковые колебания можно представить в виде суммы синусоидальных колебаний (ряд Фурье):

$$f(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kt + b_k \sin kt), \qquad (11.2.1)$$

где $a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\tau) \cos k\tau \, d\tau$; $b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(\tau) \sin k\tau \, d\tau$.

Попробуем на простых примерах пояснить физическую сущность ряда Фурье.

На рис. 11.2.1 изображены два синусоидальных колебания, частоты которых относятся как 1:5, а отношение амплитуд выбрано 3:1, то есть

IBIK

$$S_1 = 3\sin\omega t$$
$$\text{и } S_5 = \sin 5\omega t. \qquad (11.2.2)$$

Результат сложения этих колебаний $S_r = 3\sin\omega t + \sin 5\omega t$ представлен на рис. 11.2.1.

На рис. 11.2.2 представлена сумма двух колебаний с одинаковой амплитудой, но несколько отличающимися частотами $S_{10} = \sin 10\omega t$; $S_9 = \sin 9\omega t$. Сумма этих колебаний $S_r = \sin 10\omega t + \sin 9\omega t$ представляет собой синусоидальное колебание с периодически изменяющейся амплитудой. Такую форму колебаний называют биениями.

На рис. 11.2.3, а сумма двух колебаний $S_1 = 3\sin\omega t$ и $S_2 = 2\sin 2\omega t$ дают уже несимметричное колебание S_r. На рис. 11.2.3, б колебание S_1' несколько сдвинуто во времени, то есть $S_1' = 3\sin(2\omega t + 90°)$. В результате получили колебание S_r', совершенно непохожее на S_r. На этом примере видно влияние фаз на результирующее колебание.

Из рис.11.2.3 видно, что несинусоидальные колебания S_r можно представить в виде двух синусоидальных колебаний. Слово "представить" при этом имеет двоякий смысл: оно означает и "произвести" и "описать".

Даже в сложных несинусоидальных колебаниях (рис. 11.2.4) через время T повторяется картина колебаний. Время T называют периодом колебаний, а величину обратную $1/T$ называют основной частотой ν несинусоидального колебательного процесса. Частоты обоих колебаний есть целые частоты, кратные этой основной частоте.

Соответствующим образом, прибавляя дальнейшие частные колебания, мы можем "представить" сколь угодно сложные колебания. Все их частоты должны быть целыми и кратными основной частоте сложной кривой.

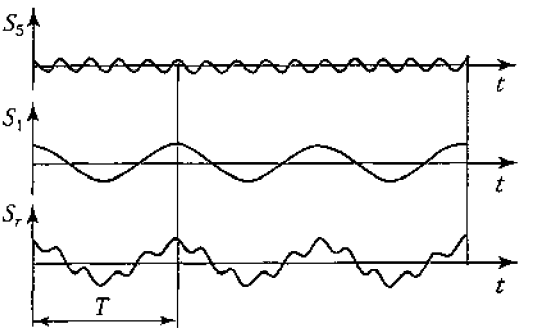


Рис. 11.2.1. Сложение двух колебаний (отношение частот 5 : 1, отношение амплитуд 1 : 3)

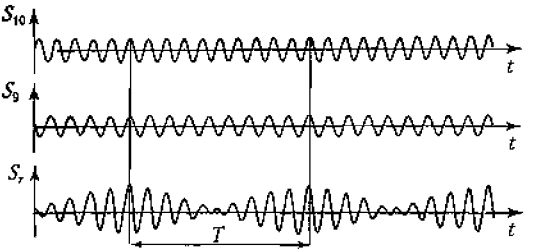


Рис. 11.2.2. Сложение двух синусоидальных колебаний с равными амплитудами (соотношение частот 10 : 9)

IBIK

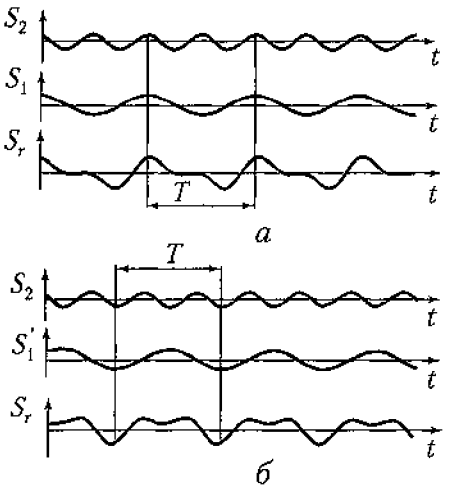


Рис. 11.2.3. Влияние сдвига фаз на результирующее колебание: (фаза сигнала S_1, рис. *а*, сдвинута относительно фазы сигнала S_1', рис. *б*)

Рассмотрим еще один пример. На кривую биений двух колебаний (рис. 11.2.4) S_9 и S_{10} наложим еще синусоиду $S = \sin\omega t$.

Заметим, что положительные максимумы совпадают с максимумами кривой биений. После наложения такого "разностного колебания" из кривой биений, которая была симметрична оси абсцисс, получается несимметричная кривая.

Последовательность прямоугольных импульсов (рис. 11.2.5) также можно представить в виде суммы простых синусоидальных колебаний. Это уже удается сделать с некоторым приближением, сложив три синусоиды S_1, S_3 и S_5. Получится кривая S_r. Приближение к последовательности прямоугольных импульсов может быть достигнуто, если добавить синусоиды S_7, S_9 и т. д.

В аналитической форме это можно записать в виде:

$$f(t) = \frac{4A}{\pi}\left(\sin\omega t + \frac{1}{3}\sin 3\omega t + \frac{1}{5}\sin 5\omega t ...\right) \qquad (11.2.3)$$

Если мы имеет периодическую последовательность импульсов тока, проходящего через сопротивление (рис. 11.2.6) с длительностью импульсов τ и периодом их повторения T, то ее можно представить в виде суммы (спектра) частных синусоидальных колебаний с амплитудами, показанными на рис. 11.2.6, II.

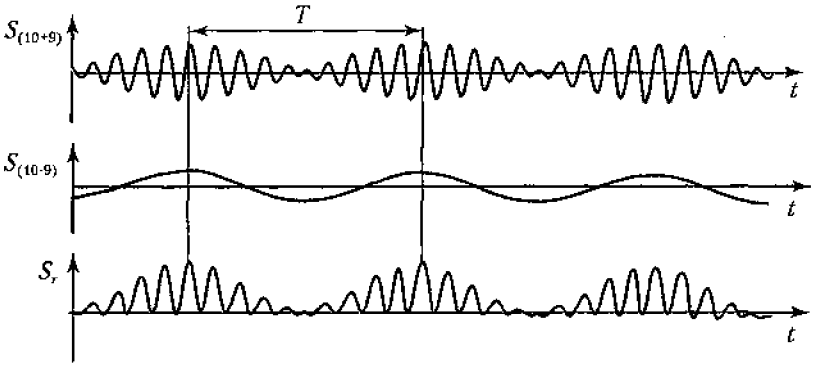


Рис. 11.2.4. В результате сложения симметричных колебаний получается несимметричное колебание

IBIK

Спектральная линия с нулевой частотой означает наличие постоянной составляющей тока. Кривая III является результатом суммы первых 10 частотных колебаний, а кривая IV — первых 20 частотных колебаний. В результате началось формирование верхних углов *b* и *c*. Для формирования нижних углов *a* и *d* следует взять большое количество спектральных составляющих.

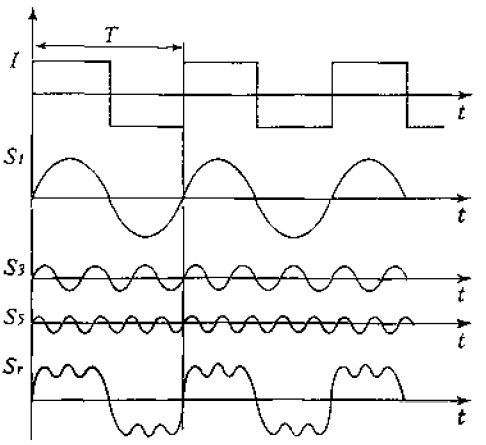


Рис. 11.2.5. Представление прямоугольных импульсов с помощью синусоидальных колебаний

На рис. 11.2.7, *а*, *б*, *в* приведены спектры сигналов затухающих колебаний с периодическими "толчками", а на рис. 11.2.7, *г* — спектр одиночного затухающего колебания. На рис. 11.2.7, *а* новый толчок следует после каждых двух колебаний, на рис. 11.2.7, *б* — после каждых 5 колебаний, а на рис. 11.2.7, *в* — после восьми колебаний. Спектры каждого колебания приведены на рисунках слева. Отличительной особенностью одиночного колебания (рис. 11.2.7, *г*) является непрерывный (сплошной) спектр. Спектральные линии сближены бесконечно плотно. Они непрерывно заполняют область внутри огибающей. Площадь под этой кривой зачернена. Вместо линейчатого спектра получается непрерывный спектр. Вместо ряда Фурье появляется интеграл Фурье.

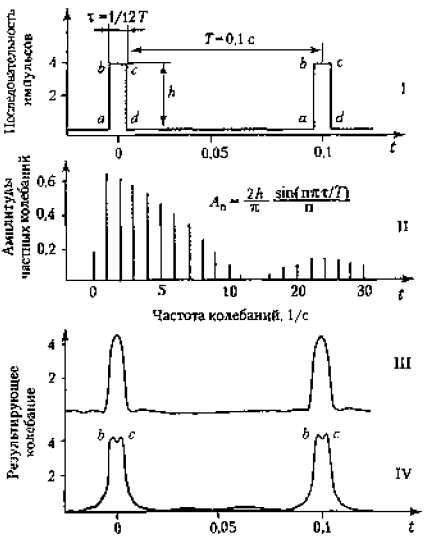


Рис. 11.2.6. Спектр частот последовательности прямоугольных импульсов:
I — периодическая последовательность импульсных сигналов;
II — спектр частот частных колебаний, соответствующий импульсам I;
III — результирующая первых 10 частных колебаний спектра;
IV — результирующая первых 20 частных колебаний спектра

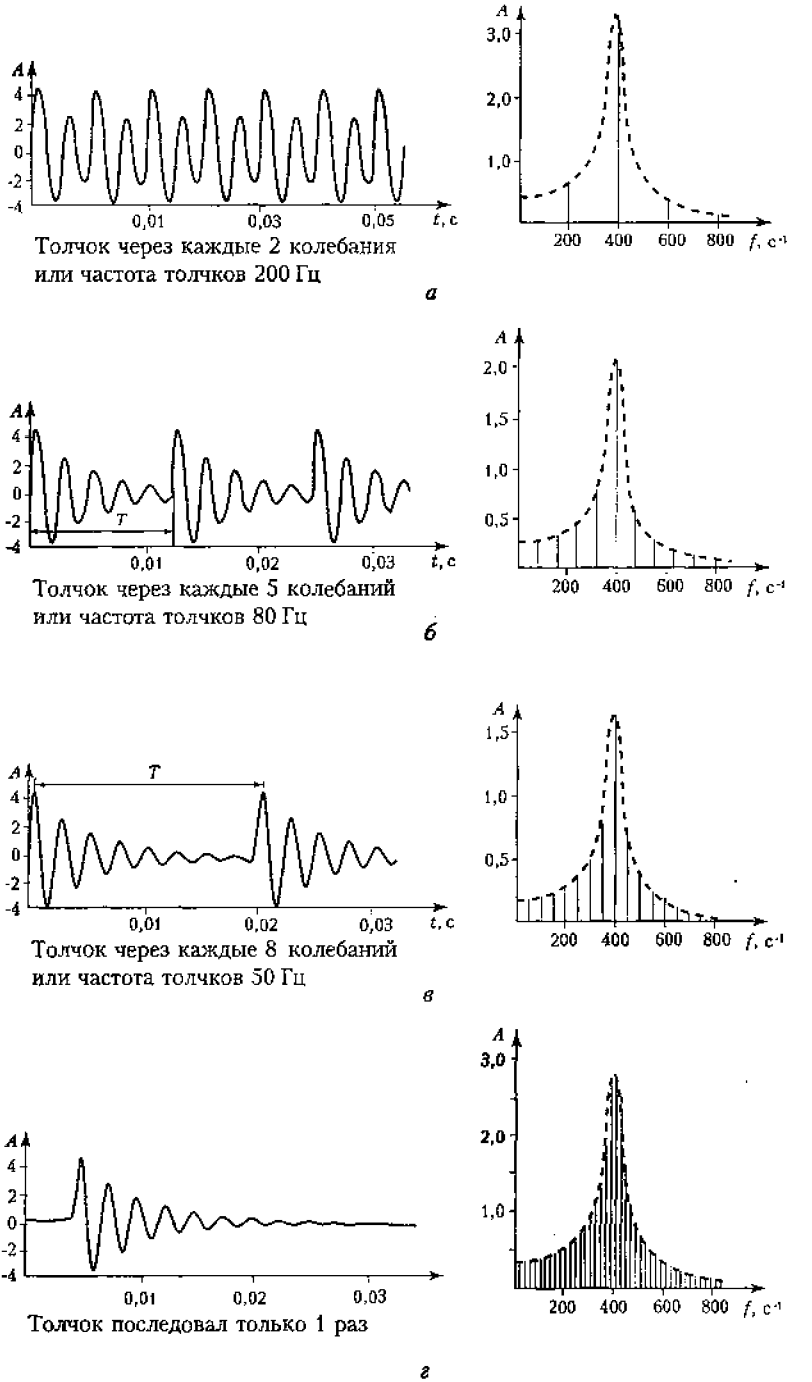


Рис. 11.2.7. Спектры затухающих колебаний при периодическом возбуждении толчком

IBIK

11.3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗВУКА НА ЧЕЛОВЕКА

Шумы, порождаемые механизмами в холодильной технике, в большинстве своем имеют диапазон частот от 44 до 12 000 Гц.

Под шумом понимают звук любого качества, не соответствующий музыкальному. Шум окружающей среды — это звуковой фон, имеющий место при неработающем оборудовании. Особое место занимает белый или случайный шум, имеющий одинаковый уровень всех частных составляющих в рассматриваемом диапазоне частот.

Чтобы лучше оценивать шумы, их подразделяют на октавные полосы, граничные частоты которых имеют отношение 2 и которые характеризуются средней частотой полосы f_m, определяемой как

$$f_m = \sqrt{2} f_{\min} . \qquad (11.3.1)$$

Таблица 11.3.1. Характеристики 8 октавных полос

Номер октавы	Диапазон частот октавы, Гц	Средняя частота октавы, Гц
1	44–88	63
2	88–176	125
3	176–352	250
4	352–704	500
5	704–1408	1000
6	1408–2816	2000
7	2816–5600	4000
8	5600–12 000	8000

Человеческое ухо имеет разную степень восприятия звуков различной частоты. Это означает, что при одинаковом уровне звуковой мощности высокочастотный звук мы слышим лучше, чем звук с низкой частотой. То есть интенсивность звукового ощущения сильно меняется в зависимости от частоты звука. Поэтому каждой слышимой частоте соответствует минимум улавливаемой звуковой мощности, ниже которой чувствительность уха равна нулю. Максимальная чувствительность уха находится в пределах частоты 1000 Гц и соответствует 10^{-12} Вт/м^2.

Это говорит о том, что человеческое ухо является чрезвычайно чувствительным органом, способным обнаружить случайные колебания акустического давления с амплитудой около 10^{-9} см, то есть величиной, равной одной десятой расстояния между ядром и электроном самого маленького из атомов — атома водорода.

Болевой порог также имеет максимальное значение в пределах частоты 1000 Гц.

Если принять за базовые интенсивность звука частотой 1000 Гц и уровень акустического давления 40 дБ, то для того, чтобы человек почувствовал такой же уровень воздействия звука частотой 31,5 Гц, необходимо увеличить уровень звукового давления до 75 дБ. На частоте 4000 Гц – 33 дБ, на частоте 8000 Гц — 48 дБ.

ІВІК

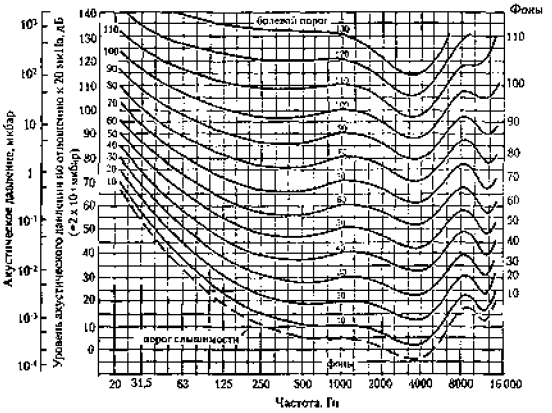


Рис. 11.3.1. Кривые равного восприятия громкости звука (изофонические кривые)

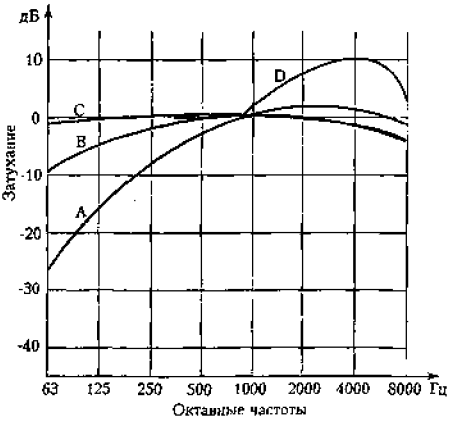


Рис. 11.3.2. Зависимость весовых коэффициентов от частоты звука

Исходя из приведенных данных, на рис. 11.3.1 построены кривые равного восприятия интенсивности звука (изофонические кривые).

Как видно, ухо имеет неравномерную чувствительность к различным частотам, поэтому, определяя влияние на него частоты, необходимо вводить весовые коэффициенты. Значения этих коэффициентов приведены в таблице 11.3.2 и на рис. 11.3.2.

Весовой коэффициент *A* обычно используется, когда общий невзвешенный уровень ниже 55 дБ; коэффициент *B* — для уровня от 55 до 85 дБ; коэффициент *C* — для уровня свыше 85 дБ. Весовой коэффициент *D* используется, чтобы оценить воздействие, вызванное очень сильными шумами (реактивный самолет). Так, например, если полученный в результате измерений уровень звукового давления на частоте 250 Гц равен 80 дБ, то реальный взвешенный уровень будет:

80 − 8,6 = 71,4 дБ (*A*); 80 − 1,3 = 78,7 дБ (*B*);
80 − 0 = 80 дБ (*C*); 80 − 2 = 78 дБ (*D*).

11.4. ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ ЗВУКА

Все приборы для определения уровня акустического давления учитывают весовые коэффициенты. В результате они сразу показывают взвешенное значение уровня звукового давления на данной частоте или октаве. Кроме того, они позволяют

IBIK

Таблица 11.3.2. Весовые коэффициенты равного восприятия интенсивности звука

Частота, Гц	*A*	*B*	*C*	*D*
10	–70,4	–38,2	–14,3	
12,5	–63,4	–33,2	–11,2	
16	–56,7	–28,5	–8,5	
20	–50,5	–24,2	–6,2	
25	–44,7	–20,4	–4,4	
31,5	–39,4	–17,1	–3,0	
40	–34,6	–14,2	–2,0	–14
50	–30,2	–11,6	–1,3	–12
63	–26,2	–9,3	–0,8	–11
80	–22,5	–7,4	–0,5	–9
100	–19,1	–5,6	–0,3	–7
125	–16,1	–4,2	–0,2	–6
160	–13,3	–3,0	–0,1	–5
200	–10,9	–2,0	0	–3
250	–8,6	–1,3	0	–2
315	–6,6	–0,8	0	–1
400	–4,8	–0,5	0	0
500	–3,2	–0,3	0	0
630	–1,9	–0,1	0	0
800	–0,8	0	0	0
1 000	0	0	0	0
1 250	+0,6	0	0	2
1 600	+1,0	0	–0,1	6
2 000	+1,2	–0,1	–0,2	8
2 500	+1,3	–0,2	–0,3	10
3 150	+1,2	–0,4	–0,5	11
4 000	+1,0	–0,7	–0,8	11
5 000	+0,5	–1,2	–1,3	10
6 300	–0,1	–1,9	–2,0	9
8 000	–1,1	–2,9	–3,0	6
10 000	–2,5	–4,3	–4,4	3
12 500	–4,3	–6,1	–6,2	0
16 000	–6,6	–8,5	–8,5	
20 000	–9,3	–11,2	–11,2	

измерить общий взвешенный уровень звукового давления, то есть суммируют взвешенные уровни, чтобы дать общий результат воздействия всех частот. Указание полного уровня акустического давления очень удобно, так как это дает возможность одним числом оценить, например, уровень шума оборудования.

Другим способом установления пороговых значений шума является определение показателей шумового дискомфорта. Основной из них – показатель ISO, класс шума NR (Noise Rating), соответствующий уровням акустического давления при 1000 Гц семейства кривых уровня постоянного дискомфорта (рис. 11.4.1). Точки на NR-кривой

IBIK

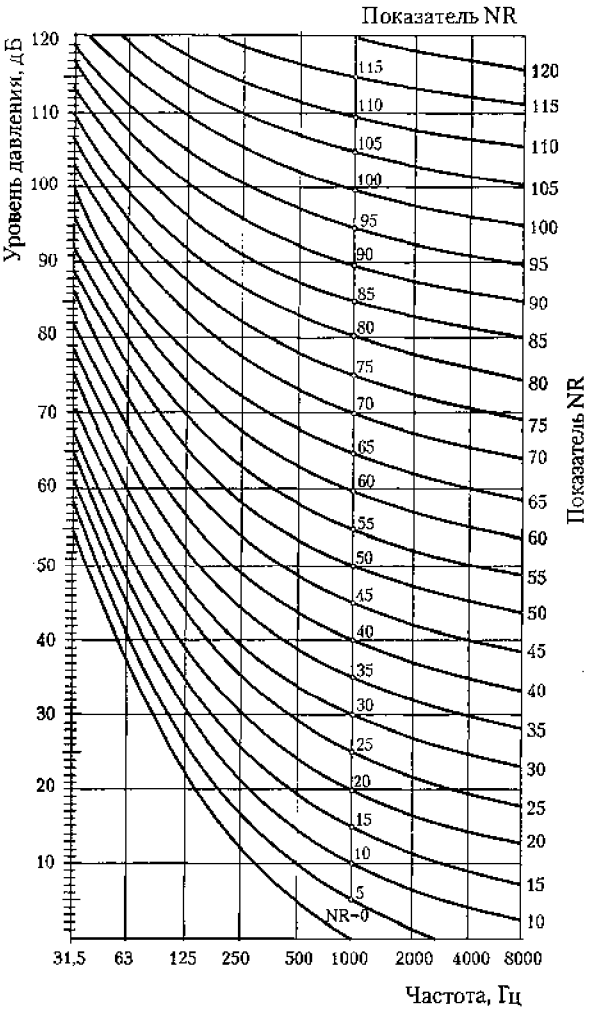


Рис. 11.4.1. Кривые уровней постоянного дискомфорта

показывают уровень постоянного (одинакового) дискомфорта для каждой отдельной частоты. Например, если для частоты 1000 Гц уровень дискомфорта NR = 50, т. е. $50 \cdot (2 \cdot 10^{-5}$ Па), то такой же дискомфорт создаст звук частотой 125 Гц с уровнем $65 \cdot (2 \cdot 10^{-5}$ Па), а на частоте 8000 Гц этот уровень снизится до $43 \cdot (2 \cdot 10^{-5}$ Па).

Увеличение звукового уровня при включении второго источника звука производят по формуле:

$$\Delta L = 10 \lg \left(1 + 10^{\frac{L_2 - L_1}{10}} \right), \qquad (11.4.1)$$

IBIK

Это означает, что если $L_2 > L$, то суммарное воздействие этих шумов будет равно:

$$L_\Sigma = L_2 + \Delta L. \qquad (11.4.2)$$

Так, например, сложим два сигнала с уровнями звукового давления 40 и 48 дБ. Превышение уровня находим по формуле:

$$\Delta L = 10\lg\left(1+10^{\frac{40-48}{10}}\right) = 10\lg\left(1+10^{-0,8}\right) =$$
$$= 10\lg\left(1+\frac{1}{6,31}\right) = 0,6, \text{ дБ} \qquad (11.4.3)$$

Общий уровень звука составит $L_\Sigma = 48 + 0,6 = 48,6$ дБ.

Наиболее удобно складывать и вычитать звуковой уровень двух источников по графикам.

Сложение

График (рис. 11.4.2) построен на основании разницы (в дБ) двух складываемых источников звука. Количество дБ, которое должно быть добавлено к большему уровню, определяется по шкале *Y*.



Рис. 11.4.2. Логарифмическое сложение двух шумов

Пример. Два источника шума имеют звуковые уровни 40 и 38 дБ, разница между двумя уровнями — 2 дБ. По графику получаем, что к большему уровню необходимо добавить 2 дБ. Общий результат шума — 42 дБ.

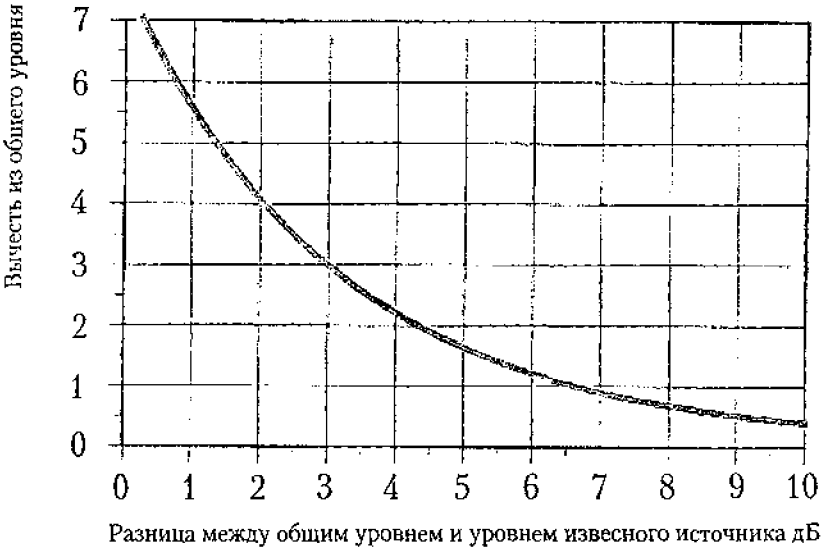


Рис. 11.4.3. Логарифмическое вычитание двух шумов

Вычитание

График (рис. 11.4.3) построен на основании разницы в дБ между общим уровнем звука и уже известным уровнем звука. Количество дБ, которое нужно вычесть из общего уровня звука, получаем по шкале *Y*.

Пример. В комнате с приточно-вытяжной системой уровень шума 34 дБ. Уровень шума окружающей среды – 30 дБ. Определить уровень шума приточно-вытяжной вентиляции.

Разность между общим уровнем шума и шумом окружающей среды равна 4 дБ. Для определения шума приточно-вытяжной системы (по графику) необходимо из общего уровня шума 34 дБ вычесть 2 дБ, то есть уровень шума приточно-вытяжной вентиляции составит 34 – 2 = 32 дБ.

Измерение шума производится с помощью приемников звукового давления, так как этот параметр легче всего зарегистрировать. В качестве измерительного элемента (датчика) используется микрофон, который выдает электрический сигнал, пропорциональный акустическому давлению. Основными характеристиками микрофона является его чувствительность, диапазон измеряемых частот, направленность. Кроме того, его показания не должны зависеть от температуры окружающей среды, влажности, магнитных полей и др.

IBIK

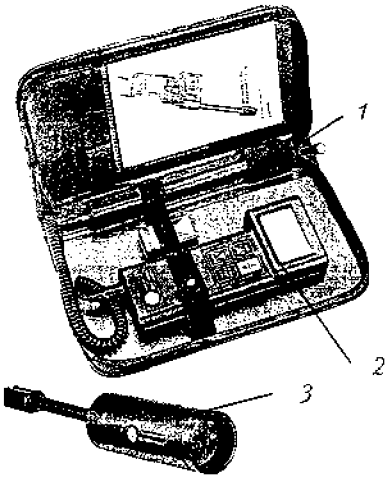


Рис. 11.4.4. Измеритель уровня шума фирмы Testo:
1 — микрофон; *2* — измерительная головка; *3* — калибратор шума

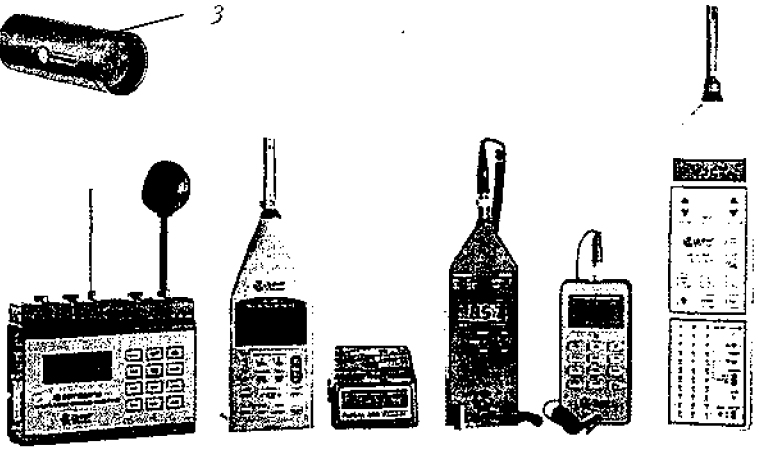
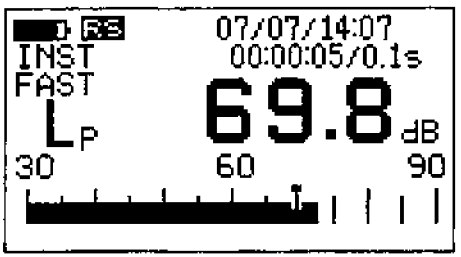
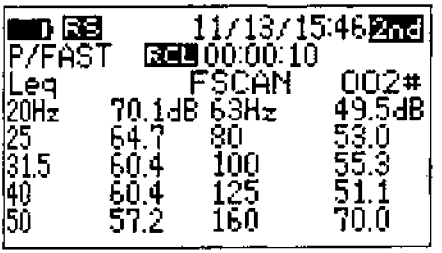


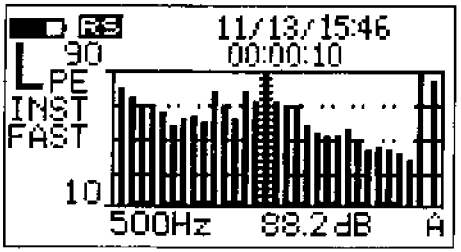
Рис. 11.4.5. Измерители уровня шума фирмы Quest Technologies, Inc. (США)



а



б



в

Рис. 11.4.6. Индикация результатов измерений прибором RT-1000:
а — средневзвешенное значение по всему диапазону частот;
б — средневзвешенное значение по 1/3 октаве (таблица);
в — средневзвешенное значение по 1/3 октаве (график)

Таблица 11.4.1. Технические характеристики измерителей уровня шума Testo 816 (2 класс) и RT-1000 (1 класс) фирмы Quest Technologies, Inc.

Технические характеристики	Testo 816	RT-1000
Диапазон измеряемых частот, Гц	31,5–20 000	20–20 000
Диапазон уровня измеряемых шумов дБ (*A*) дБ (*C*)	 30–130 –	 25–140 28–140
Время измерения,	123 мс, 1 с	10 мс
Длительность регистрации, ч	–	24
Время непрерывной работы батарейного питания, ч	15	13
Наличие октавного фильтра	Нет	Есть
Наличие калибратора	Есть	Есть
Масса, г	170	500
Габаритные размеры, мм	168 × 72 × 27	85 × 279 × 50

Некоторые приборы измеряют полный (эквивалентный) уровень звукового давления. Другие приборы обеспечивают измерение спектральной характеристики с учетом весовых характеристик, имеют выход на печатающее устройство или персональный компьютер.

Фирма Testo (Германия) выпускает измерители уровня шума Testo 815 (3 класс) и Testo 816 (2 класс).

Фирма Quest Technologies, Inc. (США) выпускает ряд измерителей уровня шума 1 и 2 класса. С помощью прибора RT-1000 (1 класс) можно получить результат в виде средневзвешенного значения с весовыми коэффициентами *A*, *B*, *C* и *D* по всему диапазону частот (рис. 11.4.6, *а*) или средневзвешенные по октавам (рис. 11.4.6, *б*, *в*). Последние значения можно вывести на индикатор в форме таблицы или графика. Кроме того, шумомер можно подключить к персональному компьютеру и производить измерение непрерывно в течение 24 часов.

11.5. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ШУМА

Уровни шума, создаваемого оборудованием в различных помещениях и в разное время суток, оговариваются стандартами стран. Ими предусматриваются также методы измерения шума и характеристики измерительных приборов. Это, например, стандарт NF 831-123 "Шум, издаваемый холодильным оборудованием, снабженным герметичными и разъемными герметичными компрессорами. Правила испытания для измерения акустической мощности".

В Украине действуют государственные санитарные нормы ДСН 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку" и "Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки".

Кроме того, органы Госнадзора Украины признают правомерными только те протоколы испытаний уровня шума, которые произведены приборами, аттестованными метрологической службой Украины как приборы первого или второго класса. При этом требования к классу приборов у разных стран различные. Так, приборы для измерения

IBIK

уровня шума, относящиеся в Германии ко второму классу, сертификационными службами Украины относятся к третьему классу.

В технической документации заводов-производителей часто отсутствует ссылка как на стандарт, по которому определяется сам термин "уровень шума", так и на стандарт по методике измерения. Под параметром "уровень шума" некоторые производители приводят значения уровня звукового давления или уровня звуковой мощности. Это не позволяет потребителю правильно выбрать необходимое оборудование и однозначно сравнить уровень акустического воздействия оборудования на пользователя.

Основными способами выполнения требований стандартов по снижению уровня звукового воздействия являются:

- выбор оборудования с допустимым уровнем шума;
- установка оборудования с недопустимым уровнем шума в звукоизолированные помещения;
- удаление оборудования на расстояние, обеспечивающее необходимое уменьшение шума (затухание);
- создание локальной звукоизоляции для отдельных элементов оборудования, являющихся источником повышенного уровня шума.

При выборе оборудования с допустимым уровнем шума может оказаться, что оно не удовлетворяет другим требованиям технического задания. В этом случае, конечно, необходимо брать "шумное" оборудование, но принимать дополнительные меры по снижению шума в зоне расположения людей. Если есть возможность удалить сильно шумящий блок от места расположения людей, то эффект от расстояния до точечного источника звука (в сферическом звуковом поле) может быть определен по формуле:

$$L_p = L_w - 20\lg r - 11, \text{ дБ}, \qquad (11.5.1)$$

где r — расстояние от источника шума до точки измерения его уровня.

В случае излучения в полусферу (например, компрессорно-конденсаторный блок, установленный на крыше):

$$L_p = L_w - 20\lg r - 8, \text{ дБ}. \qquad (11.5.2)$$

Однако в этих уравнениях не учтено затухание звука в воздухе, зависящее от частоты звука, температуры и влажности воздуха [21]. В некоторых случаях это затухание может превышать 13 дБ.

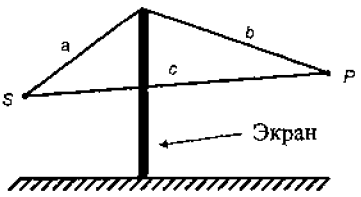


Рис. 11.5.1. Снижение уровня звука экраном:
S — источник звука;
P — точка измерения звука

IBIK

Таблица 11.5.1. Затухание звука в воздухе, дБ

f, Гц	Относительная влажность воздуха φ, %															
	30				50				70				90			
	Температура, °С															
	-10	0	15	30	-10	0	15	30	-10	0	15	30	-10	0	15	30
63	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
125	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
250	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2
500	0,7	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3
1000	1,3	1,4	0,7	0,6	1,4	0,9	0,5	0,6	1,1	0,6	0,5	0,6	0,9	0,5	0,5	0,6
2000	1,9	3,6	2,0	1,3	2,8	2,4	1,2	1,3	2,9	1,8	1,0	1,3	2,4	1,4	1,0	1,3
4000	2,7	6,8	5,8	3,3	4,6	6,6	3,4	2,7	5,7	5,1	2,5	2,7	6,0	4,0	2,2	2,7
8000	3,8	10,0	13,6	7,9	6,3	13,1	8,6	5,4	8,8	11,6	6,1	5,2	10,3	9,6	4,9	5,2

Кроме того, необходимо учитывать направленность Q источника звука.

$$L_p = L_w - 10\lg\frac{4\pi r^2}{Q}. \qquad (11.5.3)$$

Величина Q зависит от телесного угла, в котором излучается звуковая энергия.

Так, $Q = 1$ при телесном угле 2π; $Q = 8$ при $\pi/2$ и т. д.

Когда оборудование находится вне помещения, эффективным способом снижения уровня шума является установка экранов.

В этом случае уровень звука уменьшается в зависимости от величины $d = a + b - c$ в соответствии с таблицей 11.5.2 и рис. 11.5.1.

Таблица 11.5.2. Снижение уровня звука экранами

d, м	Средняя частота октавы, Гц						
	63	125	250	500	1000	2000	4000
–0,7	0						
–0,5	1	0					
–0,3	2	1	0				
–0,2	2	1	0	0			
–0,1	4	2	1	0	0		
–0,05	4	4	2	1	1	0	0
0	5	5	5	5	5	5	5
0,05	6	6	7	8	10	11	13
0,1	6	7	8	10	11	14	17
0,2	7	8	10	11	14	17	19
0,3	8	9	10	13	16	19	21
0,4	8	10	11	14	17	20	22
0,5	9	10	12	15	18	21	23
0,8	10	11	13	17	19	23	26
1,0	10	12	15	18	21	24	27
1,5	11	14	17	20	23	25	28
2	12	15	18	21	24	27	29
3	14	17	20	22	26	28	31
4	15	18	21	23	27	31	33
5	16	19	22	25	28	32	
8	18	21	23	27	30	33	
10	19	21	25	28	31		
15	20	23	26	29	32		
20	21	25	28	31			
30	23	26	29	32			
40	25	28	31				
50	26	28	32				

IBIK

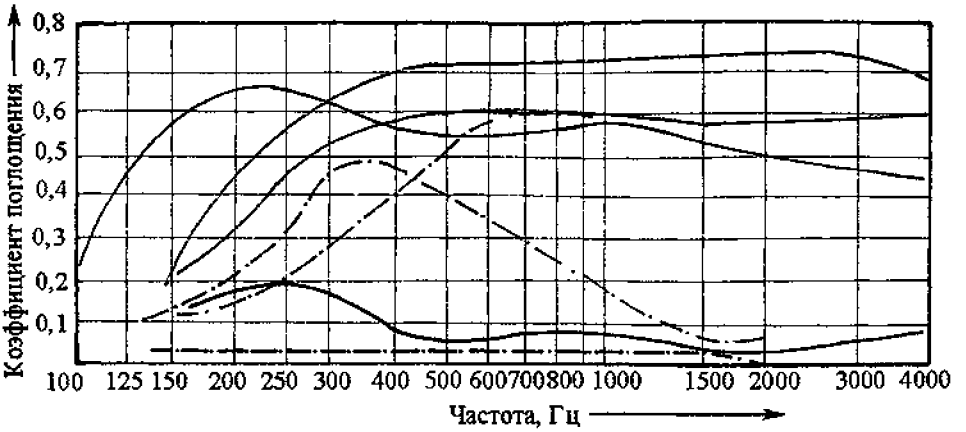


Рис. 11.5.2. Коэффициент поглощения различных материалов:
а — гладкая штукатурка; *б* — древесноволокнистая плита толщиной 2,5 см;
в — тоже, 5 см; *г* — стекловата слоем 3 см; *д* — совокупность пористых материалов, способных к резонансу; *е* — клеенчатая ткань, брезент, заполненный стекловатой;
ж — многослойная фанера с воздушной прослойкой

Возможно применение крышек, коробов или кожухов.

Если источник шума расположен в помещении, то необходимо учитывать поглощение звука стенами, полом и потолком. Частично звук отражается от ограждений. В этом случае уровень звукового давления определяется по формуле:

$$L_p = L_w + 10\lg\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{S_{экв}}\right), \qquad (11.5.5)$$

где $S_{экв}$ — эквивалентная поглощающая поверхность помещения.

$$S_{экв} = \sum S_i \cdot \alpha_i, \qquad (11.5.6)$$

где S_i — площадь поверхности помещения;

α_i — коэффициент поглощения (рис. 11.5.2)

Для уменьшения шумов в воздуховодах используются глушители со звукопоглощающим акустическим экраном и покрытиями.

IBIK

Раздел

12 Монтаж и наладка систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Монтаж и наладка систем вентиляции и кондиционирования охватывает следующие этапы:

1. Подготовительные работы.
2. Установка оборудования.
3. Монтаж фреоновой магистрали.
4. Монтаж электрооборудования.
5. Монтаж сантехнического оборудования.
6. Монтаж воздухораспределительной сети.
7. Наладка системы.

Объем выполняемых работ при монтаже и наладке зависит от типа оборудования и его производительности. Но перечисленные выше этапы приходится выполнять при монтаже любого типа оборудования, за исключением монтажа воздухораспределительных сетей, если такой нужен. Так, при монтаже сплит-систем в монтаж сантехнического оборудования входит монтаж дренажного трубопровода. Это небольшой объем работ. Но при монтаже систем с чиллерами и фанкойлами объем сантехнических работ значительно возрастает. В любом случае все операции по монтажу и наладке должны выполняться строго в соответствии с технологией, предусмотренной заводом-изготовителем.

В этом разделе на основе анализа инструкций заводов-изготовителей изложены основные правила монтажа и наладки систем вентиляции и кондиционирования.

12.1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Первым этапом подготовительных работ является изучение проектной документации на монтируемый объект, по результатам которого выполняют следующие работы.

IBIK

1. Изучают техническую документацию на подлежащее монтажу оборудование (технические условия, описание, инструкции по монтажу, наладке и др.).
2. Составляют график выполнения работ, согласовав его с другими службами (подъемно-транспортные, энергетические и др.).
3. Составляют перечень дополнительных материалов и комплектующих изделий, отсутствующих в основной спецификации проектной документации.
4. Проверяют наличие необходимого монтажного и контрольно-измерительного оборудования, срок действия паспортов (свидетельств поверки) на манометры, измерительные приборы и др. (перечень основного инструмента монтажника приведен дальше).
5. Если монтаж выполняется без проектной документации (как правило, бытовые кондиционеры малой мощности), составляются:

- схема разводки фреоновой магистрали;
- схема электрических соединений;
- схема разводки дренажной магистрали;
- ведомость материалов и комплектующих изделий, а также производят расчет диаметра труб фреоновой магистрали (если эти данные отсутствуют), определяют сечения электрических проводов, подбирают автоматические выключатели и др.

Эти документы (или эскизы) согласовываются с заказчиком.

12.2. УСТАНОВКА ОБОРУДОВАНИЯ

Установка наружных блоков должна производиться так, чтобы был обеспечен необходимый поток воздуха для их охлаждения. В руководствах по монтажу даются рекомендации относительно размеров свободной зоны вокруг блока. Нельзя устанавливать наружные блоки (если их несколько) так, чтобы потоки воздуха, создаваемые ими, были направлены навстречу друг другу.

Не рекомендуется наружные блоки устанавливать под деревьями (особенно тополями), так как конденсаторы будут забиваться листьями, тополиным пухом и пр.

На стенах наружные блоки устанавливаются на кронштейнах, которые необходимо крепить анкерными болтами заводского изготовления. Над наружными блоками устанавливают металлические козырьки, защищающие блок от попадания дождевой воды, ледовых сосулек и т. п. Для крепления элементов на стенах, потолках необходимо применять соответствующие анкерные болты (рис. 12.2.1). Крепят анкерные болты по технологии завода-изготовителя, используя специальный инструмент (рис. 12.2.2).

Прокладку фреоновой и дренажной магистрали, электропроводку выполняют в коробах, штробах или открытым способом.

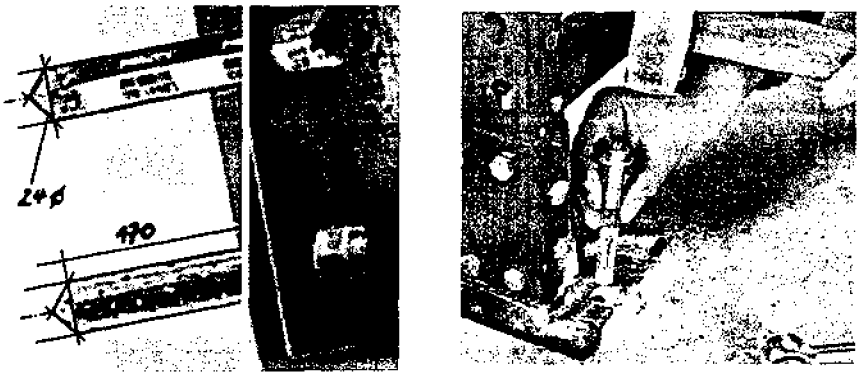
IBIK



Рис. 12.2.1. Анкерные болты различного назначения



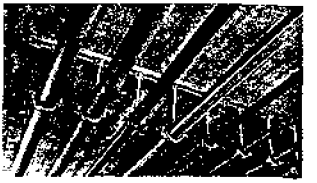




а *б*

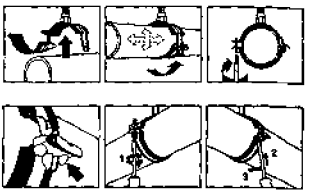
Рис. 12.2.2. Крепление анкерных болтов:
а – химический болт, *б* – распорный болт

Короба ставят на анкерные болты или пластмассовые дюбеля, а магистраль крепят хомутами. При прокладке открытым способом также применяют хомуты (рис. 12.2.3).



Перечень основного инструмента монтажника кондиционеров.

1. Перфоратор для сверления стен (DW 545, DW 566).
   1.1. Буры диаметром 5, 6, 10, 12, 14, 16 мм (SDS+).
   1.2. Буры диаметром 20 и 40 мм длиной 570–920 мм (SDS MAX).
2. Коллектор манометрический двухвентильный (ITE 2822 BCP) или пятивентильный (ITE 2105 BC) с тремя шлангами высокого давления.
   2.1. Прокладки резиновые для шлангов (ITE 79583–01).
   2.2. Депрессор с латунным стержнем для шлангов (ITE 89216–26E).
   2.3. Тройники, соединители шлангов, гайки конусные разных диаметров, заглушки.



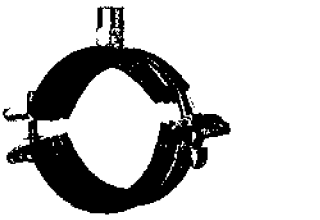


Рис. 12.2.3. Прокладка фреоновой и дренажной магистрали

3. Насос вакуумный двухступенчатый (ITE DIP-252).
4. Станция эвакуации хладагента (ITE MINI-R, MAXI-R).
5. Набор для развальцовки труб (ITE 275 FSC).
6. Набор цилиндрических расширителей 8–42 мм (Rothenberger).
7. Труборезы (ITE 174F и TC1050).
8. Кусачки капиллярные (ITE CTP-1).
9. Шаберы для зачистки труб (ITE PTR-1).
10. Клещи для пережима медных труб (ITE VG-14).
11. Весы электронные (ITE 9050).
12. Пистолет для силикона.
13. Зеркало (ITE MIR-1).
14. Увеличительное стекло ×2, ×3.
15. Шприц с компрессорным маслом.
16. Паста теплоабсорбирующая L-11511.
17. Нагреватель баллонов с фреоном (ITE RCH 10).
18. Набор пружинных трубогибов.
19. Трубогибы механические (электрические) для гибки труб разных диаметров.
20. Аппарат для пайки труб.
21. Течеискатель фреона (ITE-XTRA).

IBIK

22. Универсальный измерительный прибор (тестер).
23. Клещи токовые (ITE 8070).
24. Универсальный прибор для измерения температуры (SH-66AC).
25. Комплект для измерения параметров воздуха (Testo 450).
26. Шумомер (Testo-816).
27. Мегомметр (ITE M-500).
28. Рефрактометр для определения марки масла (ITE RFM-20).
29. Прибор для определения кислотности масла (ITE TOTALTEST).
30. Пояс монтажный.
31. Слесарный инструмент:
    - дрель с набором сверл, насадка-шуруповерт;
    - ключи метрические 6–36 мм;
    - головки метрические и дюймовые;
    - отвертки плоские и крестообразные;
    - плоскогубцы, круглогубцы, кусачки;
    - рулетка измерительная, штангенциркуль;
    - напильники, набор надфильных напильников;
    - уровень строительный;
    - ножовка по металлу, нож, шило, зубило;
    - молотки 500 и 100 г;
    - паяльник;
    - розетка-удлинитель;
    - фонарь электрический;
    - асбест листовой.

12.3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ

12.3.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМОНТАЖА

Электроснабжение кондиционеров и других энергопотребителей должно выполняться от электрической сети с глухозаземленной нейтралью 380/220 В и заземлением типа TN-S или TN-C-S. Основные сокращения, применяемые в проектах систем электроснабжения, приведены в таблице 12.3.1.

Таблица 12.3.1. Сокращения, применяемые в проектах систем электроснабжения

Сокращения	Термин
TN-S	Нулевой рабочий и нулевой защитный проводники работают раздельно по всей системе
TN-C-S	Функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников объединены в одном проводнике в части сети
L	Фазный проводник
N	Нулевой рабочий проводник
PE	Нулевой защитный проводник
PEN	Объединенный нулевой рабочий и защитный проводники
УЗО	Устройство защитного отключения, которое реагирует на дифференциальный ток

IBIK

Поставляемые изготовителями блоки кондиционеров имеют встроенное электрооборудование. При установке кондиционеров необходимо выполнить межблочные соединения, подводку электропитания, установку защитной аппаратуры (автоматических выключателей, устройств защитного отключения – УЗО) и розеток для бытовых кондиционеров. Объем выполняемых работ зависит от типа оборудования, его комплектации, размещения на объекте, наличия проектной документации.

Перед началом монтажа электрооборудования необходимо выполнить подготовительные работы.

1. Изучить электрические принципиальные схемы и схемы внешних соединений, заказные спецификации на электрооборудование (аппаратуру, провода и кабели, монтажные материалы).
2. Обследовать систему электроснабжения объекта и ознакомиться с расположением вводных устройств, сечением питающих проводов и трассами предстоящей прокладки проводов и кабелей. При этом необходимо учесть, что использование *N* проводника в качестве защитного не допускается. При наличии *N* и *PE* проводников их объединение не допускается. Проводник *N* должен быть подключен на клеммную колодку, изолированную от корпуса квартирного электрощита, а *PE* – соединен с корпусом электрощита. При отсутствии отдельного *PE* проводника необходимо включить в перечень работ его прокладку непосредственно от вводного распределительного устройства. В цепях *PE* и *PEN* проводников не допускается устанавливать коммутационные элементы.
3. Проверить специальным детектором отсутствие по трассе скрытой электропроводки других энергопотребителей, металлических закладных конструктивных частей зданий, труб и т. п.
4. Изучить характеристику стен, по которым или внутри которых пройдут трассы электропроводки.
5. Если монтаж электрооборудования выполняется без проектной документации (как правило, бытовые кондиционеры малой мощности), составить схемы электрических соединений, схему прокладки электропроводки, произвести расчеты выбора электропроводов, устройств защиты, составить спецификацию на комплектующие и монтажные материалы. Эти документы должны быть согласованы с заказчиком.

Электромонтажные работы должны выполняться в соответствии с "Правилами устройства электроустановок (ПУЭ)" и действующими нормативными документами.

После изучения плана, проверки трассы, разметки и подбора комплектации можно приступить к монтажу проводов.

Существуют три способа монтажа: скрытая проводка, открытая проводка и комбинированная проводка.

IBIK

Наиболее простой является открытая проводка. Она удобна тем, что любой ее участок доступен для ремонта и подключения новых токоприемников. Монтаж производится быстро, так как не связан с долблением стен.

Недостатком этого способа является неэстетичный внешний вид, поэтому внутри помещений такая проводка выполняется очень редко.

При прокладке наружной проводки необходимо выполнить крепление кабелей через 500–600 мм специальными пластмассовыми хомутиками. Крепление хомутиков к стене производится с помощью пластмассовых дюбелей и забивных саморезов.

Для повышения эстетичности и безопасности проводка может прокладываться в специальных коробах. При этом способе прокладки, с одной стороны, сохраняются все преимущества открытой проводки, с другой стороны, она более безопасна и менее трудоемка по сравнению со скрытой проводкой.

Номенклатура пластмассовых коробов очень широкая. Они выпускаются как для укладки только силовых проводов, так и для укладки вместе с ними кабелей управления и сигнализации с разделением каналов. Короба к стенам крепятся при помощью клея или саморезов. Прямые и угловые сочленения осуществляются с помощью специальной фурнитуры.

Скрытая проводка выполняется под штукатуркой в пластмассовых гофротрубах. При этом в стенке с помощью низкооборотных ручных угловых машин выполняется канавка — штроб. В нее укладывается пластмассовая гофротруба, которая "приомораживается" алебастровым раствором или прикрепляется хомутиками из пластмассы. Пластмассовые гофротрубы для электромонтажа могут поставляться с вложенным стальным тросом (протяжкой), если последнее оговорено в заказе трубы. При прокладке кабеля или проводов необходимо соединить концы троса-протяжки и кабеля, после чего протянуть трос с противоположного конца трубы. Трудоемкость протяжки кабеля уменьшается в 2—3 раза.

Пластиковые гофротрубы могут применяться также для защиты наружной проводки от солнечной радиации вместо оцинкованного металлорукава, который из-за атмосферных осадков корродирует через 1—2 года.

Допускается прокладка проводов под штукатуркой в штробах без применения пластиковых труб на глубине не менее 20 мм, но при таком способе прокладки не обеспечивается замена проводов без разрушения штукатурки.

При разработке плана проводки или определения трассы по месту необходимо учитывать следующие требования:

1. Разветвительные коробки, розетки и выключатели должны располагаться в доступных для обслуживания местах, а токоведущие части должны быть закрыты.

IBIK

2. Розетки должны устанавливаться в местах предполагаемой установки электрического оборудования на высоте 50–80 см от уровня пола и не ближе чем в 50 см от заземленных металлических устройств (водопроводные трубы и трубы отопления, батареи и т. п.).
3. Провода прокладываются только по вертикальным и горизонтальным линиям, а их расположение должно быть точно известно, чтобы избежать повреждения при сверлении отверстий, забивании дюбелей, гвоздей или других крепежных изделий. Горизонтальная прокладка проводов производится на расстоянии 50–100 мм от карниза и балок, 150 мм от потолка и 150–200 мм от плинтуса. Вертикально проложенные участки проводов должны быть удалены от углов помещения, оконных и дверных проемов не менее чем на 100 мм. Провод не должен соприкасаться с металлоконструкциями здания.

Параллельная прокладка проводов вблизи труб газопровода или газовых счетчиков производится на расстоянии не менее 1 м. При наличии горячих трубопроводов (отопление и горячая вода) проводка должна быть защищена от воздействия высокой температуры теплоизоляционными прокладками, например, асбестовыми листами. Запрещается прокладывать провода под штукатуркой пучками, а также с расстоянием между ними менее 3 мм.

12.3.2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Соединения проводов должны выполняться с помощью специальных клеммных колодок или болтовых соединений. Соединения методом скрутки запрещаются, так как соприкосновение скручиваемых проводов осуществляется по линии, и при этом не обеспечивается эффективная площадь прохождения тока, а в месте скрутки происходит перегрев проводов и повреждение изоляции.



Рис. 12.3.1. Набор клеммных зажимов колонкового типа



а *б*

Рис. 12.3.2. Клеммные зажимы колонкового типа:
а – без прижимной планки;
б – с прижимной планкой

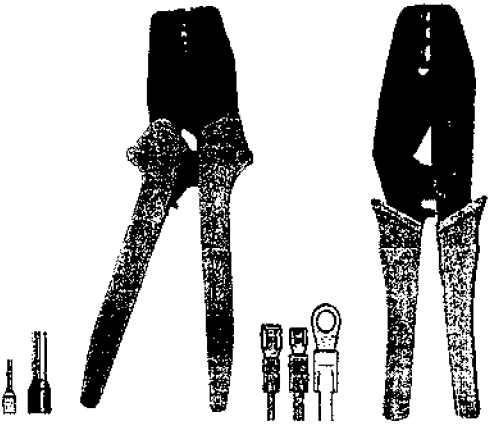
Категорически запрещается соединение алюминиевых проводов, которые применялись в домах старой постройки, с медными. Эти металлы образуют гальваническую пару, и происходит разрушение алюминиевого провода. Такой процесс происходит ускоренно при наличии влаги.

На рынке представлены различные типы клеммных зажимов. Наибольшее распространение получили зажимы колонкового типа, представленные на рис. 12.3.1.

IBIK

Они выпускаются без прижимной планки (рис. 12.3.2, *а*) и с прижимной планкой (рис. 12.3.2, *б*).

Клеммы без прижимной планки предназначены для соединения жестких одножильных проводов. Использование их для соединения многожильных проводов не допускается, потому что при зажиме соединения торцом винта токопроводящей жилы происходит отрыв отдельных проволок, часть проволок расходится по сторонам, эффективная площадь соединения уменьшается и ухудшается качество соединения.



а *б*

Рис. 12.3.3. Инструмент для обжимки наконечников:
а – наконечники для гибких проводов при использовании клемм колонкового типа и клещи для обжима;
б – плоские штыревые разъемы, наконечник под винт и клещи для их обжима

Концы многожильных проводов должны быть опрессованы наконечником с использованием специального инструмента (рис. 12.3.3).

Клеммные зажимы с прижимной планкой позволяют подключать многожильные провода. Планка исключает отрицательные явления, которые описаны выше.

Для подключения многожильных проводов может быть рекомендован так называемый "бугельный зажим" (рис. 12.3.4).

В этом зажиме прижимная планка имеет насечки, которые разрушают оксидный слой на проводе. Площадь контактного соединения увеличивается. Корпус зажима разрезной и образует пружину (рис. 12.3.5).

Пружина препятствует самопроизвольному развинчиванию винта в условиях вибрации, что повышает надежность устройства.

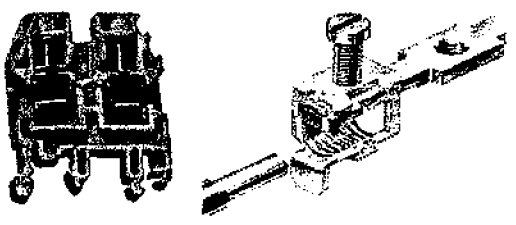


Рис. 12.3.4. Бугельный зажим

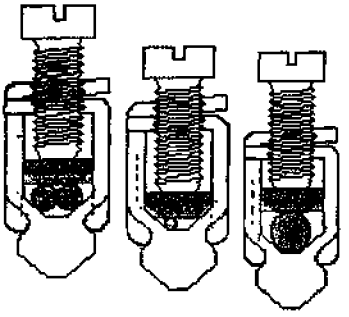


Рис. 12.3.5. Корпус бугельного зажима

IBIK

При необходимости наращивания проводов или соединений разнотипных проводов должны быть использованы медные гильзы. Их габаритные размеры приведены в таблице 12.3.2.

Таблица 12.3.2. Габаритные размеры медных гильз

Сечение, мм^2	Наружный диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм	Длина L, мм
2,5	4	2,1	15
4	4,5	3	15
6	5	3	25
10	7	5	29
16	9	7	29
25	11	9	33

В гильзы вставляются с двух сторон токопроводные жилы и производится их обжимка с помощью обжимного инструмента. Гильзы изолируются изолентой ПВХ с последующей герметизацией места соединения термоусаживаемой трубкой. Термоусаживаемые трубки применяются в различных отраслях промышленности и используются для различных электротехнических соединений, а также для ремонта поврежденной изоляции кабелей и проводов. Диаметр этих трубок при нагреве газовой горелкой или струей горячего воздуха с температурой свыше 120 °С уменьшается в 2 раза (рис. 12.3.6).

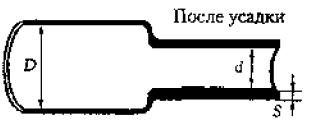


Рис. 12.3.6. Термоусаживаемая трубка

Обозначения трубок и их размеры приведены в таблице 12.3.3. Трубки поставляются в отрезках длиной 1 000 мм.

Таблица 12.3.3. Термоусаживаемые трубки

Обозначение	Наружный диаметр *D*, мм	Диаметр после усадки *d*, мм	Толщина стенки после усадки *s*, мм
1,6/0,8	1,6	0,8	0,43
2,4/1,2	2,4	1,2	0,51
3,2/1,6	3,2	1,6	0,51
4,8/2,4	4,8	2,4	0,51
6,4/3,2	6,4	3,2	0,64
8/2	8,0	2,0	1,0
9,5/4,8	9,5	4,8	0,64
12,7/6,4	12,7	6,4	0,64
19/9,5	19,0	9,5	0,76
25,4/12,7	25,4	12,7	0,89
38/19	38,0	19,0	1,02
51/25,5	51,0	25,5	1,14
76/38	76,0	38,0	1,27
102/51	102,0	51,0	1,40

IBIK

Физико-механические характеристики трубок приведены в таблице 12.3.4.

Таблица 12.3.4. Физико-механические характеристики трубок

Параметр	Значение
Рабочая температура, °С	от –55 до +105
Максимальная продольная усадка, %	15
Минимальное удлинение при разрыве, %	200
Температурная устойчивость при 200°С в течение 4 ч	Отсутствие трещин, деформации, расплавления и текучести
Минимальная диэлектрическая сопротивляемость, кВ/мм	15
Минимальное удельное сопротивление, Ом/см	10^{14}

Герметизация соединений с помощью трубок производится в следующем порядке. На провод надевают трубку с запасом по 30 мм на каждую сторону. Соединение проводов производится с помощью гильзы. Место соединения изолируется лентой ПВХ, затем на него надвигается трубка, которую нагревают, начиная с середины. При жестких условиях эксплуатации рекомендуется место соединения изолировать двумя трубками разного диаметра.

Ответвление проводов или соединения разных трасс должны выполняться в соединительных или ответвительных коробках соответствующей степени защиты от воздействия внешней среды. Например, при установке вне помещения клеммные коробки должны иметь степень защиты IP55 или IP65 по ГОСТ 14254–96, действующему в Украине.

При выполнении межблочных соединений необходимо соблюдать соответствие соединений проводов на клеммниках. Несоблюдение последовательности фаз может привести к выходу кондиционера из строя или к отказу во время работы.

12.3.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Автоматические выключатели — это аппараты защиты электрических сетей от короткого замыкания и перегрузки. Они позволяют также производить нечастую коммутацию включения и отключения отдельных потребителей в сетях переменного и постоянного тока. Устройство автоматического выключателя показано на рис. 12.3.7.

Автоматические выключатели различаются по:

- числу полюсов (1–3);
- типу расцепителя (тепловой, электромагнитный или комбинированный);
- номинальному току расцепителя (от 1,6 А до сотен ампер);
- характеристике отключения — зависимости времени срабатывания от тока;

IBIK

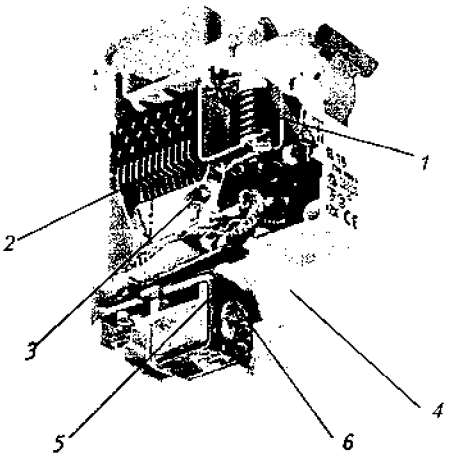


Рис. 12.3.7. Автоматический выключатель:
1 – катушка электромагнитного расцепителя;
2 – дугогасительная камера;
3 – главные контакты;
4 – корпус; *5* – клемма подключения; *6* – биметаллическая пластина теплового расцепителя

• отключающей способности – максимальному току короткого замыкания, отключение которого гарантирует дальнейшую работоспособность автомата.

Выбор автоматических выключателей производится по номинальному току, характеристике срабатывания, отключающей способности, условиям монтажа и эксплуатации. Правильный выбор характеристики автоматического выключателя является залогом его своевременного срабатывания.

В соответствии со стандартом IEC 898 (стандарт международной электротехнической комиссии) и EN 60898 (европейская норма) по характеристике срабатывания автоматические выключатели бывают следующих типов.

Тип B — величина тока срабатывания магнитного расцепителя равна $I_o = KI_н$ при K = 3–6. Бытовое применение: для осветительных ламп накаливания или там, где длинные трассы и ток короткого замыкания на нагрузке невысокий и может попасть в зону работы теплового, а не электромагнитного расцепителя.

Тип C — величина тока срабатывания магнитного расцепителя — I_c = (5–10) $I_н$. Бытовое и промышленное применение: для двигателей со временем пуска до 1 секунды, нагрузки с малыми индуктивными токами (рекомендуются для холодильных машин и кондиционеров).

Тип D — величина тока срабатывания магнитного расцепителя —

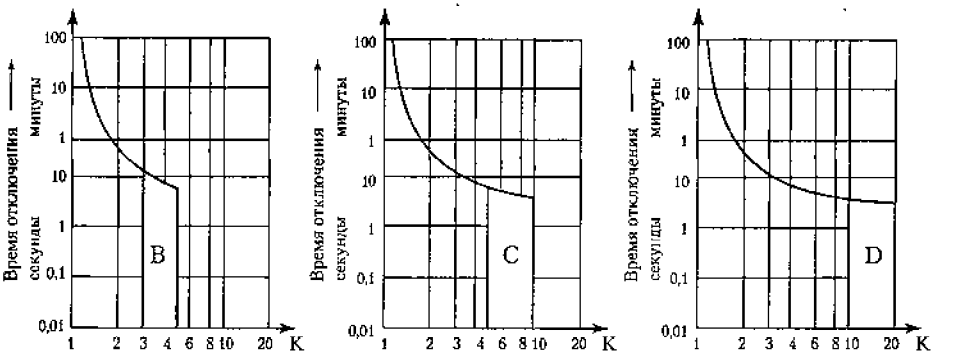


Рис. 12.3.8. Характеристики автоматических выключателей

IBIK

более 10 $I_н$. Применение: для двигателей с затяжным временем пуска, сварочного оборудования.

Реальные характеристики выключателей с учетом разброса параметров показаны на рис. 12.3.8.

Для выбора автоматического выключателя по отключающей способности необходимо выполнить расчет тока короткого замыкания. Как показывает практика, для большинства сетей этот ток не превышает 4,5 кА.

В таблице 12.3.5 приведены краткие характеристики и типы отдельных автоматических выключателей производства концерна ABB (Швеция, Германия).

Аналогичные характеристики имеют автоматические выключатели фирм SIEMENS и KNOPP (Германия), которые также могут быть рекомендованы к применению.

Монтаж автоматических выключателей выполняется в специальных щитах или шкафах, а крепления осуществляются с помощью так называемой DIN-рейки — полосы специального профиля. Если на одной DIN-рейке установлено рядом несколько однофазных автоматических выключателей, нагрузочная способность каждого уменьшается из-за ухудшения условий охлаждения. В этом случае выбор автоматического выключателя необходимо производить с учетом графика, представленного на рис. 12.3.9.

Таблица 12.3.5. Характеристика автоматических выключателей ABB

Серия	Отключающая способность, кА	Варианты
S230R	4,5	1, 2, 3-полюсный, характеристика C, D 1–40A
S240	4,5	1, 2, 3-полюсный, характеристика C, D 1–40A
S250 (S260)	6,0	1, 2, 3-полюсный, характеристика B-C 0,5–63A
S280	25,0	1, 2, 3-полюсный, характеристика B, C, D 10–25A

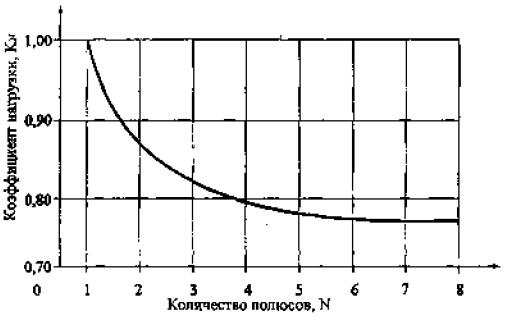


Рис. 12.3.9. Нагрузочная способность автоматических выключателей при их размещении рядом

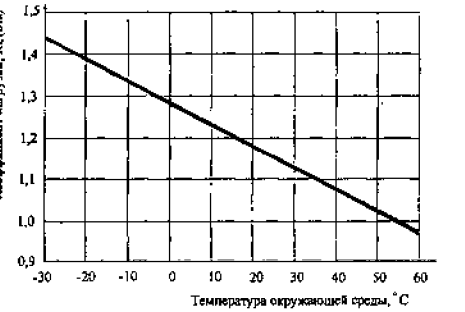


Рис. 12.3.10. Нагрузочная способность автоматических выключателей в зависимости от температуры окружающей среды

IBIK

При изменении температуры окружающей среды изменяется нагрузочная способность выключателей, как представлено на рис. 12.3.10.

12.3.4. УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

Учитывая, что наружные блоки и вентиляторы кондиционеров работают в жестких условиях эксплуатации, требуется дополнительная мера защиты от поражения электрическим током. Таким устройством является устройство защитного отключения (УЗО), которое реагирует на дифференциальный ток. Оно срабатывает от тока утечки из цепи (тока, протекающего через тело человека или через плохую изоляцию).

Воздействие электрического тока, проходящего через тело человека, определяется приложенным напряжением и сопротивлением кожи человека. Сопротивление сухой кожи человека достаточно велико (около 100 кОм), однако оно сильно уменьшается при увлажнении (до 1 кОм).

Ощущения человека при прохождении через него электрического тока приведены в табл. 12.3.6.

Таблица 12.3.6. Физиологическое воздействие тока на человека

Ток через тело, мА	Ощущение	Результат
0,5	Не ощущается, слабые ощущения кончиками пальцев, языком, через ранку	Безопасно
3	Ощущение, близкое к муравьиному укусу	Не опасно
15	Если взялись за проводник, невозможно отпустить его	Неприятно, но не опасно
40	Судороги тела, судороги диафрагмы	Опасность удушья в течение нескольких минут
80	Вибрация желудочка сердца	Приводит к смерти

В соответствии со стандартами, производители электротехнической продукции выпускают УЗО со срабатыванием при токах утечки 10 мА, 30 мА и 300 мА.

В каталогах зарубежных фирм УЗО называется ***дифференциальным реле***. Выпускаются как дифференциальные реле, так и реле, совмещенные с автоматическим выключателем, токовой и тепловой защитой. Такое устройство в каталогах называется ***автоматический дифференциальный выключатель***.

В основе действия УЗО как электрического устройства лежит принцип ограничения продолжительности протекания тока через тело человека при непреднамеренном прикосновении его к токоведущим частям и частям, на которых оказывается напряжение. УЗО можно определить как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.

IBIK

Принцип работы УЗО достаточно прост и строится на правиле сложения токов в узле и законе индукции. Схема подключения УЗО показана на рис. 12.3.11.

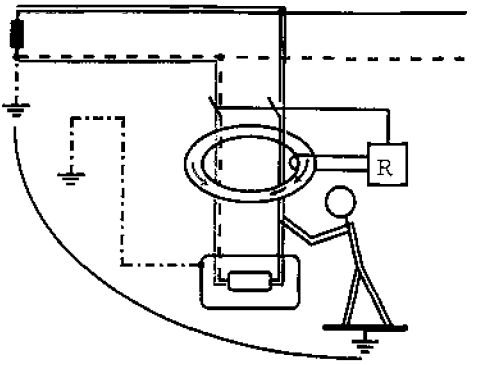


Рис. 12.3.11. Схема подключения УЗО

Электромеханические УЗО — дифференциальные реле и автоматические выключатели с дифференциальным реле — выпускаются рядом ведущих европейских фирм, таких как Siemens, ABB, Legrand и др.

В связи с тем, что во многих приборах и устройствах, в том числе и кондиционерах, имеются силовые электронные компоненты (электронные коммутаторы, полупроводниковые контакторы, преобразователи частоты), при пробое изоляции на корпус могут создаваться несинусоидальные, но однонаправленные постоянные пульсирующие токи, УЗО выпускаются трех типов.

Тип "АС" — УЗО, размыкание которого гарантировано в случае, если разностный синусоидальный ток внезапно возникает или медленно увеличивается.

Тип "А" — УЗО, размыкание которого гарантировано в случае, если синусоидальный или пульсирующий разностный ток внезапно возникает или медленно увеличивается.

УЗО типа "А" универсального применения могут быть рекомендованы для защиты цепей с кондиционерами.

Тип "В" — УЗО, размыкание которого гарантировано в случае, если синусоидальный, пульсирующий или сглаженный постоянный (коэффициент пульсации не выше 10%) разностный ток внезапно возникает или медленно увеличивается.

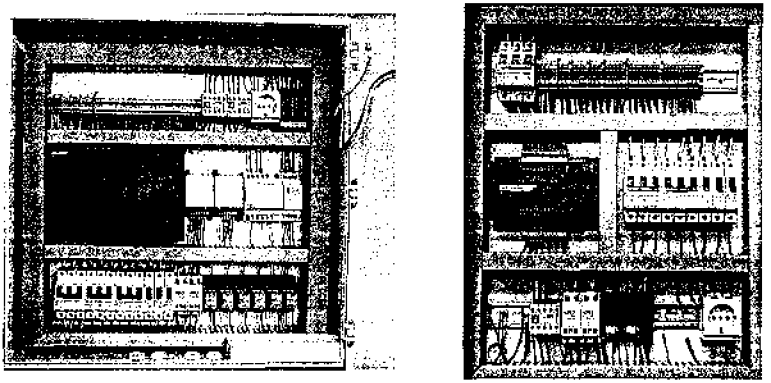


Рис. 12.3.12. Общий вид щитов управления системой вентиляции и кондиционирования воздуха

IBIK

12.4. МОНТАЖ ФРЕОНОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

12.4.1. ПОДГОТОВКА ТРУБ

Для фреоновой магистрали кондиционеров применяют медный или стальной трубопроводы. Выбор материала труб зависит от типа хладагента и диаметра труб. При диаметре труб более 54 мм и для аммиака применяют стальную трубу. В остальных случаях — медную. Несмотря на более высокую стоимость, медные трубопроводы имеют следующие преимущества:

- низкие потери давления: внутренняя шероховатость медных труб составляет $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ мм, а стальных – $45 \cdot 10^{-3}$ мм;
- высокая устойчивость к коррозии для различных хладагентов (кроме аммиака);
- достаточно высокая прочность, что позволяет применять тонкостенные трубы;
- легкость обработки;
- возможность применения паяных соединений.

Медные трубы поставляются в бухтах (в отожженном состоянии) или в прутках (цельнотянутый прокат). Трубы имеют метрические или дюймовые размеры. Диаметры труб и толщина стенок труб, допускаемых для использования в холодильных установках, приведены в табл. 12.4.1.

Трубы, поставляемые в бухтах длиной 25–30 м, имеют слегка приплюснутое (овальное) сечение. Поэтому при вальцовочном соединении необходима калибровка их профиля.

Таблица 12.4.1. Трубы для фреоновых магистралей

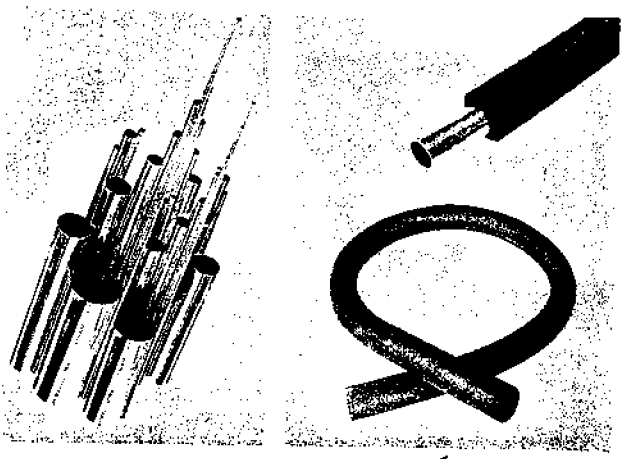
Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Толщина стенки, мм	Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Толщина стенки, мм
6,35 (1/4)	0,8	28,58 (1 1/8)	1,0
9,52 (3/8)	0,8	31,8 (1 1/4)	1,1
12,7 (1/2)	0,8	34,92 (1 3/8)	1,1
15,88 (5/8)	1,0	38,1 (1 1/2)	1,15
19,05 (5/8)	1,0	44,59 (1 5/8)	1,25
22,22 (7/8)	1,0	50,8 (2,0)	1,4
25,4 (1,0)	1,0		

Концы труб должны быть обязательно закрыты заглушками, чтобы внутрь не попадали грязь, насекомые, вода. Если от бухты отрезается часть, то концы остатков также должны быть сразу закрыты заглушками.

Медные холоднокатаные трубы более жестки и лучше противостоят ударным нагрузкам. Кроме того, они имеют круглое поперечное сечение, не требующее калибровки, аккуратно обрезаны под углом 90°. Места холоднокатаных труб, подлежащих деформированию (вальцовке, изгибу, изготовлению раструба), необходимо отжигать.

IBIK

Холоднокатаные трубы поставляются длиной 4 и 6 м.



а *б*

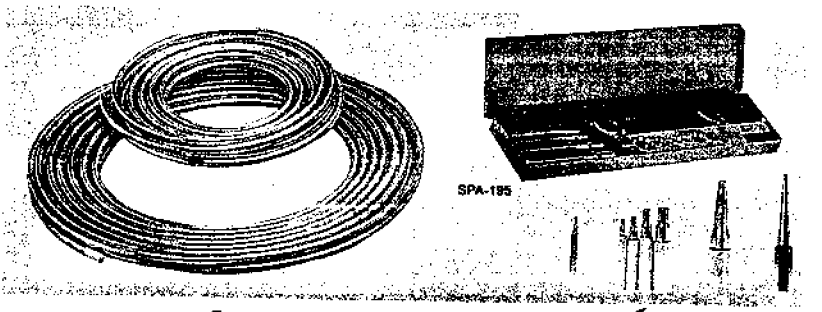
Рис. 12.4.1. Трубы: *а* – медная холоднокатаная, *б* – в теплоизоляции

12.4.2. РЕЗКА ТРУБ

Технология резки труб не должна нарушать форму поперечного сечения, делать вмятины, допускать попадание стружки вовнутрь трубы.

Прежде всего, для этого следует использовать дисковые отрезные устройства — труборезы (рис. 12.4.4). Диапазон резки дисковых труборезов (по диаметру труб) составляет 6–108 мм. Очень важно, чтобы диски были острые. При резке нельзя допускать больших усилий для прижимания диска, чтобы не изменить форму поперечного сечения трубы по отрезной кромке.

Правильная резка трубы без ее деформации достигается после 5–7-кратной прокрутки трубореза вокруг оси трубы, причем всякий раз дисковый резец должен вводиться в трубу на глубину до 0,2 мм. Одноразовый глубокий ввод резца в материал может вызвать овализацию сечения мягкой трубы, а в случае твердой трубы — повреждение дискового резца (рис. 12.4.3).



а *б*

Рис. 12.4.2. *а* – медная труба в бухте; *б* – набор калибров

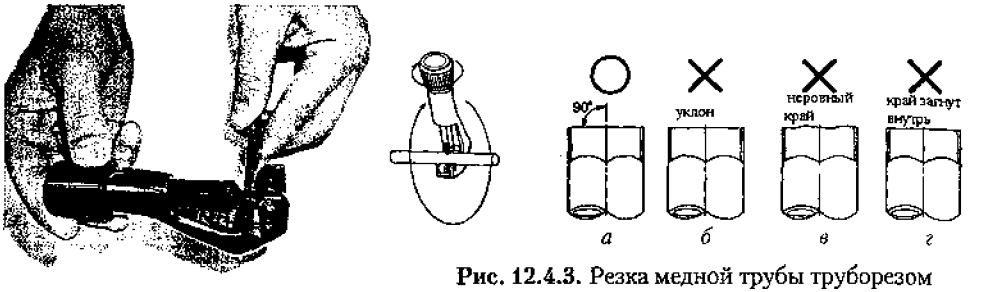


Рис. 12.4.3. Резка медной трубы труборезом



Рис. 12.4.4. Труборезы для резки труб различного диаметра

Трубы малого диаметра от 2 до 8 мм, в том числе капиллярные трубки, необходимо резать труборезными и капиллярными ножницами (рис. 12.4.5). После резки трубы необходимо удалить задиры прямым или конусным шабером (рис. 12.4.6) и при необходимости откалибровать концы труб калибрами (рис. 12.4.2, *б*).

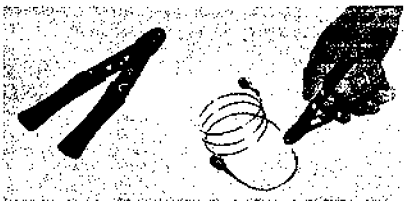


Рис. 12.4.5. Ножницы капиллярные

Для калибровки используются оправки и втулки соответствующего диаметра. Сначала калибруют внутренний диаметр при помощи оправки, а затем наружный при помощи втулки.

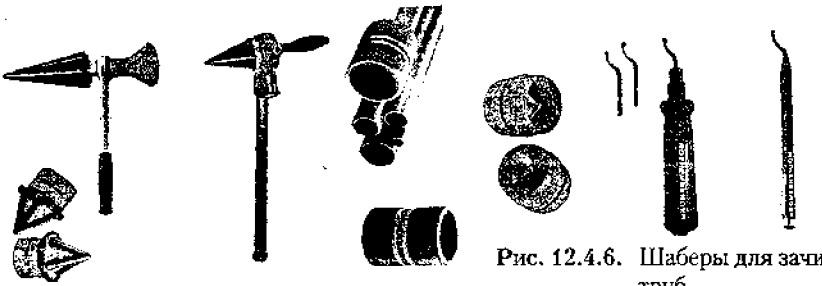


Рис. 12.4.6. Шаберы для зачистки кромок труб

12.4.3. ГИБКА ТРУБ

Технология гибки для мягких и твердых труб различна и зависит от диаметра. Ручная гибка с помощью ручных или пружинных трубогибов применяется для мягких труб диаметром до 19 мм (рис. 12.4.7).

IBIK

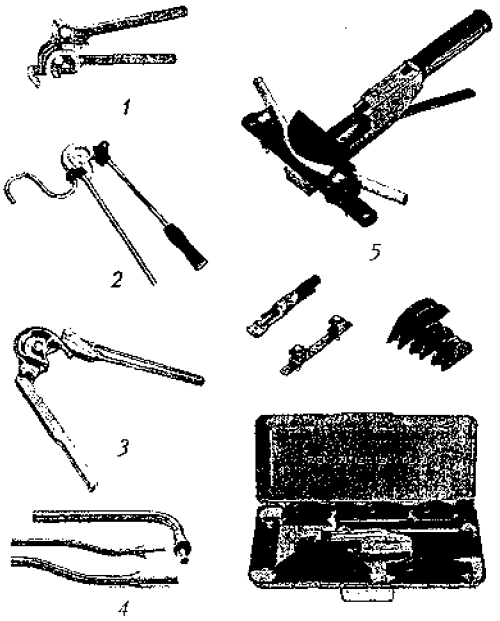


Рис. 12.4.7. Трубогибы ручные:
1, 2, 3 – рычажные,
4 – пружинный;
5 – гидравлический

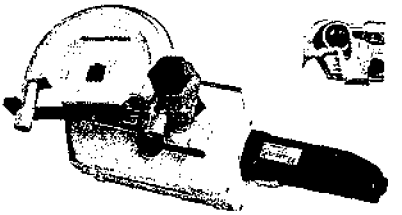


Рис. 12.4.8. Трубогиб электрический

Радиус гибки ручным способом составляет 6–8 наружных диаметров труб. При изгибе меньшим диаметром могут возникнуть гофры, переломы и деформация труб. При необходимости получить радиус гибки меньших размеров и для труб диаметром более 19 мм необходимо использовать трубогибы. Трубогибы могут быть с ручным, пневматическим, гидравлическим и электрическим приводом. Минимальный радиус холодной гибки труб приведен в таблице 12.4.2.

Таблица 12.4.2. Минимальный диаметр гибки труб

Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Толщина стенки, мм	Минимальный радиус гибки, мм
6,35 (1/4)	0,8	21
9,52 (3/8)	0,8	35
12,7 (1/2)	0,8	42
15,88 (5/8)	1,0	55
19,05 (3/4)	1,0	72

Трубы больших диаметров изгибают горячим способом в трубном станке, нагревая трубу до 650 °С.

В некоторых электрических трубогибах возможно задать угол изгиба (рис. 12.4.8).

IBIK

12.4.4. СОЕДИНЕНИЕ ТРУБ

Соединение труб между собой или с элементами холодильного контура производится с помощью резьбовых (вальцовочных), фланцевых соединений или пайкой.

Резьбовые соединения могут быть выполнены с шагом SAE (американский стандарт), который соответствует трубной цилиндрической резьбе, или бриггсовским шагом (резьба Бриггса), который соответствует трубной конической резьбе с конусностью 1:16. Резьбовое соединение SAE означает, что труба имеет конусное или цилиндрическое расширение (рис. 12.4.9). Конусное расширение, которое делается под углом 90°, заходит в наконечник штуцера и прижимается гайкой.

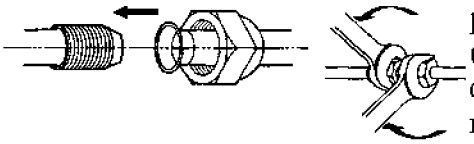


Рис. 12.4.9. Резьбовое (вальцовочное) соединение труб

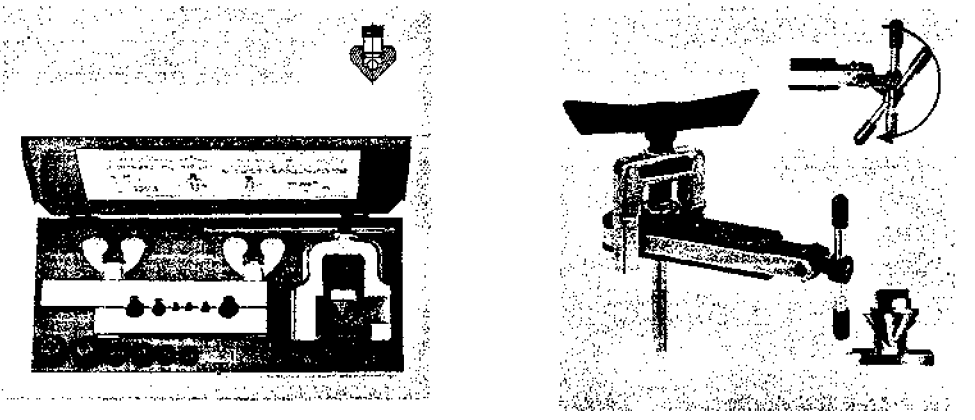
Усилия, которые необходимо прикладывать при закручивании гайки на штуцер, приведены в таблице 12.4.3.

Для создания конусного расширения используются вальцовки с конусным или фигурным пуансоном (рис. 12.4.10).

При приобретении вальцовок необходимо обращать внимание на качество поверхности конусного пуансона. Его поверхность должна

Таблица 12.4.3. Усилия закручивания гаек

Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Момент затяжки, кг·м
6,35(1/4)	1,4–1,8
9,52 (3/8)	3,4–4,2
12,7 (1/2)	5,0–5,5
15,88 (5/8)	6,8–8,2
19,05 (3/4)	10,0–12,0



а *б*

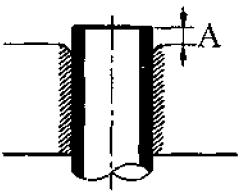
Рис. 12.4.10. Вальцовки: *а* – с конусным пуансоном; *б* – с фигурным пуансоном

IBIK

быть хорошо обработанной, без царапин, раковин, вмятин. Зажимные пластины (матрица) должны хорошо подходить друг к другу, не нарушать поверхности труб при зажиме. В противном случае вальцовки следует дорабатывать, а конусный пуансон шлифовать. При вальцовке труб пуансон необходимо смазывать компрессорным маслом.

Зажимать трубку в пуансоне необходимо так, чтобы труба выступала над плоскостью губок на 1/3 высоты конуса губок.

Конусный раструб должен быть симметричным с ровным торцом,



Наружный диаметр трубы, мм	A, мм
6,35	1,3
9,52	1,8
12,7	2,0

без царапин и задиров. На это нужно обращать особое внимание, так как наличие дефектов в вальцовочном соединении приводит к утечке хладагента с последующим выходом из строя компрессора.

При пайке труб для механической прочности соединения трубы соединяются с помощью прямых цилиндрических раструбов, которые выполняются сегментным расширителем (рис. 12.4.11).

Сегментную головку в сложенном состоянии вводят в трубу и затем разводят конус, сжимая ножничный рычаг. Раструб должен выполняться одним плавным движением ножничного рычага, продолжающимся несколько секунд. Привод сегментной головки может быть с ручным (для труб диметром меньше 1"), гидравлическим или пневматическим. Минимальная глубина цилиндрического раструба, формируемая на медной трубе, зависит от диаметра трубы.

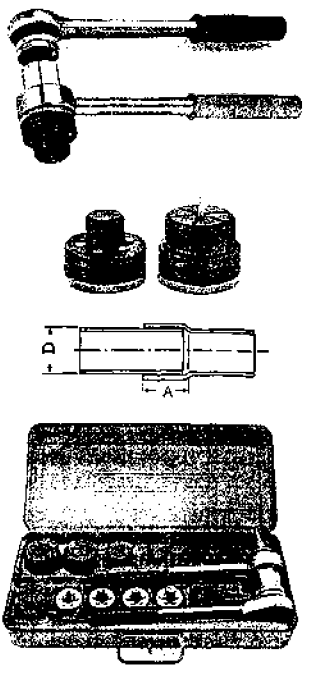


Рис. 12.4.11. Цилиндрический сегментный расширитель

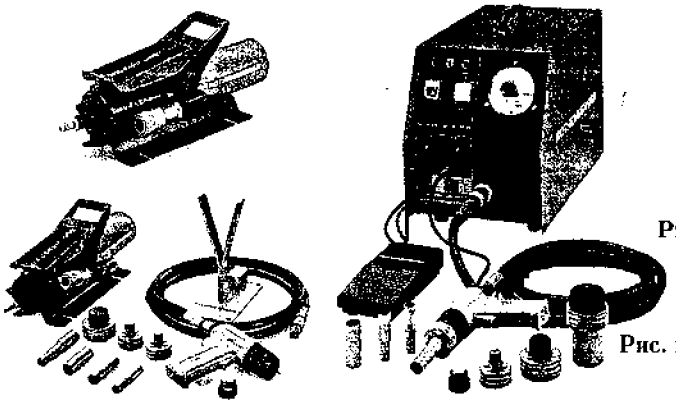


Рис. 12.4.12. Расширители труб (гидравлический и электрический)

Таблица 12.4.4. Минимальная глубина раструба

Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Глубина раструба, мм	Наружный диаметр трубы, мм (дюйм)	Глубина раструба, мм
6,35 (1/4)	5	28,58 ($1\frac{1}{8}$)	13
9,52 (3/8)	6	31,8 ($1\frac{1}{4}$)	16
12,7 (1/2)	7	34,92 ($1\frac{3}{8}$)	17
15,88 (5/8)	7	38,1 ($1\frac{1}{2}$)	18
19,05 (5/8)	8	44,59 ($1\frac{5}{8}$)	20
22,22 (7/8)	9	50,8 (2,0)	22

Внутренний диаметр цилиндрического раструба должен быть таким, чтобы между соединяемыми трубами был капиллярный зазор (0,025–0,15мм). Капиллярный зазор обеспечивает всасывание жидкого припоя в пространство между трубами. Если зазор будет больше, капиллярный эффект не возникает. Подобное соединение можно паять в произвольном положении трубопровода, так как причиной всасывания в зазор является капиллярный эффект (рис. 12.4.13).

Соединять трубы можно также с помощью фитингов (рис. 12.4.14). Фитинги очень разнообразны, их перечень включает трубки, повороты, тройники, кресты и т. п.

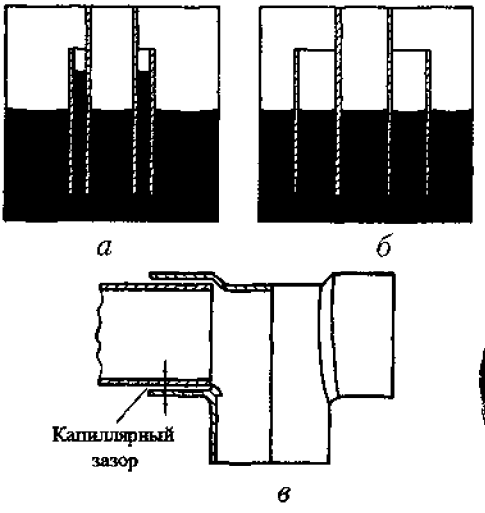


Рис. 12.4.13. Раструбное капиллярное соединение:
а – капиллярный эффект;
б – капиллярный эффект отсутствует (большой зазор);
в – раструбное капиллярное соединение

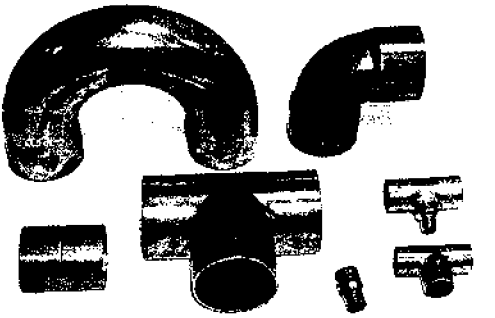
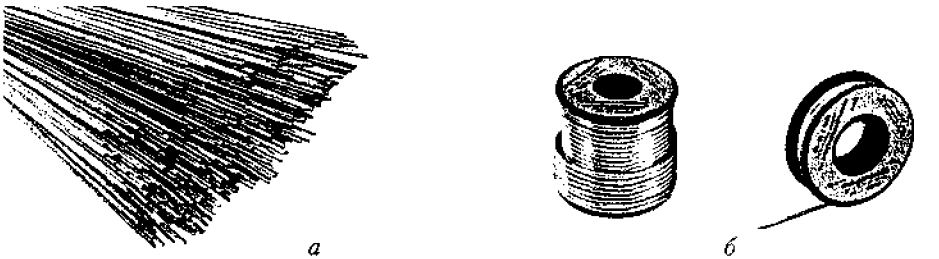


Рис. 12.4.14. Фитинги для соединения труб

IBIK



а *б*

Рис. 12.4.15. Припой для пайки медных труб:
а – твердый, *б* – мягкий

12.4.5. ПАЙКА МЕДНЫХ ТРУБ

Пайка труб может осуществляться мягким и твердым припоем. Соединение металлов при пайке мягким припоем происходит при температуре 425 °С, твердым — 460–560 °С. Тип припоя определяется соотношением меди и других металлов в его составе. При наличии в составе припоя серебра его называют серебряным. Чем больше содержание серебра, тем ниже температура плавления припоя, лучше смачиваемость припоя и его обтекание места пайки. Хорошее качество пайки получается при применении медно-фосфорных припоев, но температура плавления их выше, а смачиваемость хуже серебряных. При пайке медь–медь медно–фосфорным припоем флюс не применяется. Для пайки медь–латунь, медь–бронза применяется флюс (например, F-SH1). Капиллярный зазор при использовании серебряных припоев должен быть 0,05–0,15 мм, при медно-фосфорных — 0,025–0,15 мм.

Таблица 12.4.5. Характеристика припоев фирмы Rothenberger (Германия)

Тип припоя	Содержание, %					Температура плавления
	фосфор	серебро	цинк	кадмий	медь	
Rolot S94	5,9–6,5	—	—	—	остальное	710–880
S2, L-Ag2P	5,9–6,5	1,5–2,5	—	—	остальное	650–810
S3, L-Ag5P	5,7–6,3	4–6	—	—	остальное	650–810
S15,L-Ag15P	4,7–5,3	14–16	—	—	остальное	650–810
S30,F-SH1	—	29–31	—	19–23	остальное	600–690
L-Ag34Sn	—	33–35	1,5–2,5	—	остальное	630–730
L-Ag45Sn	—	44–46	остальное	—	26–28	480–640

МЕДНО-ФОСФОРНЫЕ И СЕРЕБРЯНЫЕ ПРИПОИ ФИРМЫ "ОСТРОВ" (РОССИЯ)

Медно-фосфорные припои

Трехкомпонентные медно-фосфорные припои с содержанием серебра до 15 % предназначены для высокотемпературной пайки в холодильной промышленности.

Особенности. Медно-фосфорные припои имеют сравнительно небольшую температуру плавления, обладают хорошей текучестью при

IBIK

пайке меди и некоторых ее сплавов. Из-за присутствия в составе припоя фосфора не требуется применения флюса. Паяные швы отличаются значительной прочностью и удовлетворительной коррозионной стойкостью.

Припои этого класса широко используются при монтаже холодильного оборудования для соединений, испытывающих незначительные вибрационные и ударные нагрузки, причем с увеличением содержания серебра пластичность увеличивается. При пайке элементов арматуры с нетермостойкими элементами (ТРВ, вентили, смотровые стекла) требуется охлаждение последних для предотвращения недопустимого перегрева.

В процессе пайки для защиты от образования окалины рекомендуется продувка сухим азотом. Медно-фосфорные припои не применяются для пайки сталей из-за образования хрупкой пленки фосфитов по границе шва, что может привести к нарушению герметичности соединения.

Таблица 12.4.6. Основные характеристики медно-фосфорных припоев фирмы "Остров" (Россия)

Марка	Обозначение по DIN8513	Химический состав, %			$T_{плавления}$, °С	$T_{растекания}$, °С	Прочность, МПа	Относительное удлинение, %
		Ag	Cu	P				
102	L-Ag2P	2	91,3	6,7	645	820	550	6
105	L-Ag5P	5	88,5	6,5	630	780	550	7
115	L-Ag15P	15	80,2	4,8	650	800	650	10

Припой 102. Трехкомпонентный медно-фосфорный припой с содержанием серебра 2 %.

Экономичен, имеет среднее растекание. Рекомендуется использовать при монтаже холодильных систем для пайки меди и ее сплавов в соединениях, не испытывающих больших вибрационных и ударных нагрузок.

Припой 105. Трехкомпонентный медно-фосфорный припой с содержанием серебра 5 %.

Пластичен, обладает медленным растеканием, поэтому способен заполнять большие зазоры. Паяный шов выдерживает небольшие вибрационные и ударные нагрузки. Рекомендуется для пайки меди и ее сплавов в изделиях холодильной техники.

Припой 115. Трехкомпонентный медно-фосфорный припой с содержанием серебра 15 %. Наиболее пластичен из-за высокого содержания серебра и пониженного содержания фосфора. Рекомендуется для пайки соединений меди и ее сплавов. Паяный шов выдерживает умеренные вибрационные и ударные нагрузки при термических циклах. Наиболее распространен при пайке холодильных установок.

Серебряные припои

Четырехкомпонентные припои с содержанием серебра до 55 % предназначены для высокотемпературной пайки в холодильной и пищевой промышленности.

IBIK

Особенности. Серебряные припои имеют низкую температуру плавления и хорошо смачивают соединяемые поверхности. Они прекрасно заполняют зазоры соединений и дают прочные вакуумно-плотные швы, обладающие высокой прочностью и пластичностью, способные выдерживать значительные вибрационные и ударные нагрузки в большом диапазоне рабочих температур.

Припои этого класса широко применяются при изготовлении и монтаже холодильного оборудования, особенно при пайке соединений, испытывающих значительные вибрационные нагрузки (например, при пайке трубопроводов к компрессору).

Более низкая температура растекания по сравнению с медно-фосфорными припоями делает их предпочтительными для пайки арматуры (ТРВ, смотровых стекол, вентилей). Кроме того, снижается вероятность образования окалины. Используются с флюсом "Superflux" или аналогичным флюсом.

В изделиях пищевой промышленности разрешается применять только безкадмиевые припои.

Таблица 12.4.7. Основные характеристики серебряных припоев фирмы "Остров" (Россия)

Марка	Обозначение по DIN8513	Химический состав, %				$T_{плавления}$, °C	$T_{растекания}$, °C	Прочность, МПа	Относительное удлинение, %
		Ag	Cu	Zn	Sn(Cd)				
1530	L-Ag30Cd	30	27	21	21Cd	607	685	460	27
530Sn	L-Ag30Sn	30	36	32	2Sn	665	755	470	28
538Sn	L-Ag40Sn	38	31	28,8	2,2Sn	660	720	520	26
540Sn	L-Ag40Sn	40	30	28	2Sn	650	710	480	30
545Sn	L-Ag45Sn	45	27,5	25,5	2Sn	640	680	550	25
555Sn	L-Ag55P	55	21	22	2Sn	630	660	510	28

Припой 1530. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 30 %.

Экономичен. Имеет среднее растекание. Хорошо заполняет большие зазоры без перегрева соединения. Припой применяется во всех изделиях за исключением изделий пищевой промышленности из-за содержащегося в нем кадмия.

Внимание! Пайку производить в хорошо проветриваемом помещении с соблюдением всех мер предосторожности.

Припой 530Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 30 %.

Имеет более высокую температуру плавления, чем припой 1530 и обладает при этом средним растеканием. Хорошо формирует паяный шов в любом пространственном положении.

Припой 538Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 38 %.

Обладает быстрым растеканием, что позволяет получать вакуумно-плотные швы при значительных монтажных зазорах.

IBIK

Припой 540Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 40 %.

Имеет большой интервал плавления и обладает хорошим растеканием. Рекомендуется для пайки меди, стали в любых сочетаниях для соединений, испытывающих значительные вибрационные и ударные нагрузки.

Припой 545Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 45 %.

Обладает очень быстрым растеканием и имеет низкую температуру плавления, поэтому рекомендуется для пайки элементов автоматики, боящихся перегрева (ТРВ, соленоиды, вентили).

Припой 555Sn. Четырехкомпонентный припой с содержанием серебра 55 %.

Ему свойственна самая высокая текучесть. Паяные швы обладают максимальной прочностью, коррозионной стойкостью, а также высокой пластичностью и способны выдерживать значительные вибрационные нагрузки в большом диапазоне температур. Рекомендуется для пайки арматуры, содержащей нетермостойкие элементы.

Для пайки применяются нагреватели (горелки), работающие на смеси газов: пропан–бутан–воздух, пропан–бутан–кислород, ацетилен–воздух, ацетилен–кислород (рис.12.4.16).

Используются также резистивные электрические нагреватели.

Правильный подбор нагревателя и правильная установка пламени позволяют избежать перегрева материала. Пламя горелки должно быть

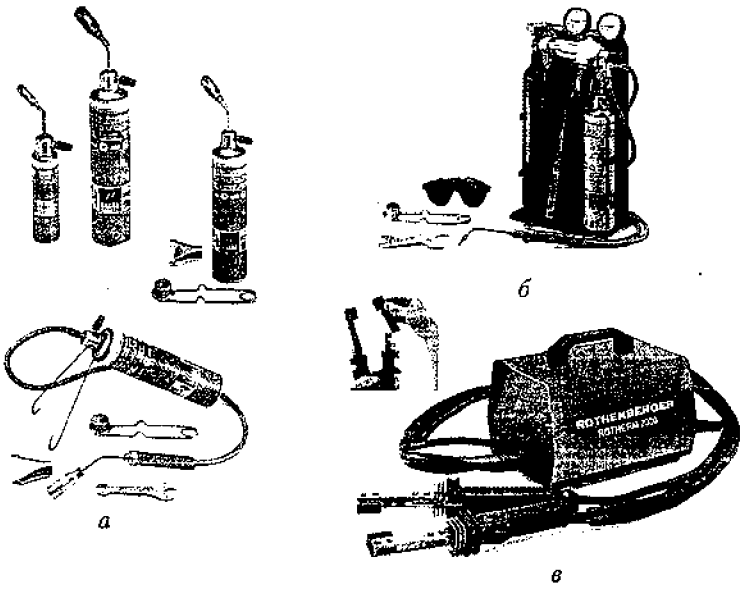


Рис. 12.4.16. Нагреватели для пайки труб:
а – пропан–воздух; *б* – пропан–кислород; *в* – электрический

IBIK



а *б*

Рис. 12.4.17. Разогрев трубы перед пайкой:
а – пропан-кислородная горелка; *б* – пропановая горелка

гладким, с четким голубым свечением ядра. В первой фазе нагрева расстояние между наконечником горелки и нагреваемой поверхностью должно быть равно длине конуса пламени. Горелку держат в таком положении до достижения температуры трубы около 650 °С (красный цвет). Затем увеличивают расстояние от наконечника горелки до места пайки примерно в два раза.

Для уменьшения потерь тепла, особенно при использовании пропановой горелки, применяют отражатели (рис. 12.4.17, *б*).

При пайке необходимо создать внутри трубы среду нейтрального газа, что исключит образование окалины внутри трубы. При работе холодильной машины окись меди, флюс, остатки припоя могут забить капиллярные трубки и четырехходовой клапан. Чаще всего в качестве инертного газа используют сухой азот.

При помощи резинового шланга соединяют фреоновую магистраль и баллон с азотом. Между трубопроводом и азотным баллоном устанавливают ротаметр или регулятор расхода газа (табл. 12.4.8). Редуктор азотного баллона устанавливают на минимально возможное давление азота (не более 0,2 бара). Ротаметром устанавливают скорость газа в трубе до 5 м/мин (расход 0,05 м³/ч). По окончании пайки необходимо пропускать азот по трубе до ее охлаждения (до температуры 35–45 °С).

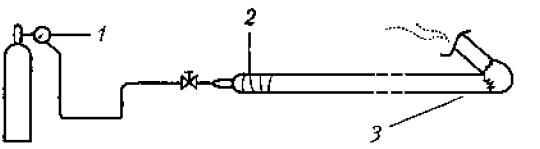


Рис. 12.4.18. Пайка медных труб в среде инертного газа:
1 – редуктор с регулятором расхода газа;
2 – уплотнение резиновым шлангом;
3 – место пайки

Если при пайке используется флюс, припой нагревают и наносят флюс на разогретый конец прутка припоя путем погружения его во флюс. Медно-фосфорным припоем пайка производится без флюса.

При пайке близко расположенных соединений необходимо соблюдать определенную последовательность пайки, чтобы не расплавить предыдущий шов. На рис. 12.4.19 показана последовательность пайки тройника в зависимости от его положения в пространстве. При пайке

IBIK

Таблица 12.4.8 Технические характеристики регуляторов расхода газа

Наименование показателей	У-30-2	У-30П-2	АР-10-2	АР-40-2	АР-150-2	А-30-2	А-90-2
Редуцируемый газ	Углекислый газ		Аргон	Аргон	Аргон	Азот	Азот
Давление газа на входе, МПа (бар): наибольшее / наименьшее при наибольшем расходе	10 (100) / 0,8 (8)		20 (200) / 1,5 (15)	20 (200) / 0,8 (8)	20 (200) / 1,5 (15)	20 (200) / 2,5 (25)	20 (200) / 0,8 (8)
Наибольшая пропускная способность при наибольшем рабочем давлении (красная шкала указателя расхода при дюзе №2, $м^3/ч$ (л/мин)	1,8 (30)		0,6 (10)	2,4 (40)	9,0 (150)	1,8 (30)	5,4 (90)
Пропускная способность по черной шкале расходомера при дюзе №1 в интервале $м^3/ч$ (л/мин)	0,30–0,72 (5–12)		0,03–0,15 (0,5–2,5)	0,30–0,84 (5–14)	0,6–2,4 (10–40)	0,03–0,24 (0,5–4,0)	0,90–2,22 (15–37)
Диаметры расходных шайб (дюз), мм: №1 / №2	0,60 / 1,00		0,15 / 0,35	0,55 / 0,85	0,75 / 1,45	0,15 / 0,40	1,0 / 1,40
Напряжение питания электродвигателя, В		36	—	—	—	—	—
Потребляемая мощность, Вт, не более		200	—	—	—	—	—
Габаритные размеры, мм, не более	190×165×160	190×260×160 (без шнура)	190×165×160				
Масса, кг, не более	1,68	2,5	1,8				

элементов различной толщины прогрев начинают с более толстой детали. Стык трубопровода прогревают, вводят в зону пайки пруток припоя и производят пайку. После охлаждения паяного трубопровода до температуры окружающей среды закрывают подачу азота в трубопровод и протирают зону шва влажной ветошью. При необходимости прочищают металлической щеткой. Поверхность паяного шва должна быть гладкой, без наплывов припоя и усадочных раковин.

Пайка электрическим резистивным нагревателем (рис. 12.4.16, *в*) осуществляется путем пропускания электрического тока через место спая. Место спая зажимается угольными электродами и при прохождении электрического тока на структуре уголь–медь–уголь падает большое напряжение, благодаря чему медь разогревается.

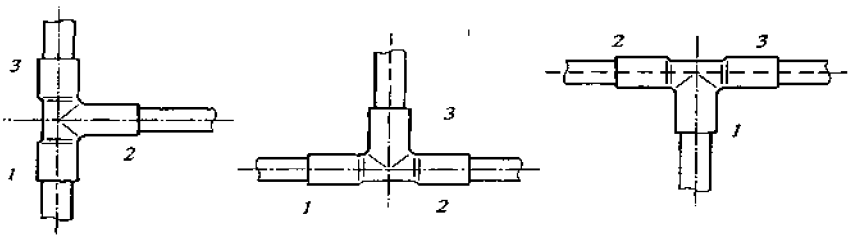


Рис. 12.4.19. Последовательность пайки тройника

IBIK

Преимуществом этого метода является возможность плавного увеличения тока, а, следовательно, и температуры. Однако увеличивать ток нужно очень медленно, иначе можно прожечь трубу.

12.4.6. ПРОКЛАДКА ФРЕОНОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

При прокладке фреоновых магистралей необходимо выполнять следующие требования.

1. Медные трубы не должны иметь трещин, вмятин, изломов. Концы трубок в процессе транспортировки, хранения и монтажа коммуникаций должны быть надежно заглушены с помощью пластмассовых заглушек.
2. Изгибы трубопроводов должны быть плавными. Стенки трубок на изгибах не должны собираться в гофры, на изгибах сломы не допускаются.
3. Фреоновые трубопроводы должны быть термоизолированы по всей длине. Стыки термоизолирующих трубок должны быть переклеены скотчем или клеем.
4. Теплоизолированные фреоновые трубопроводы должны быть защищены от механических воздействий по всей длине. Каждая труба должна иметь отдельную теплоизоляцию (рис. 12.4.20). Объединять трубы в одну теплоизоляцию не допускается.

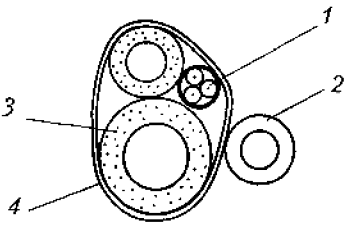


Рис. 12.4.20. Теплоизоляция фреоновых трубопроводов:
1 – электрический кабель;
2 – дренажный трубопровод;
3 – теплоизоляция;
4 – механическая защита (лента ПВС)

Теплоизоляция не защищенных от механических воздействий фреоновых трубопроводов должна быть покрыта армированным влагостойким скотчем или лентой ПВС, чтобы избежать атмосферных воздействий. Механическая изоляция может быть общей для трубопроводов, электрических проводов и дренажной трубы (рис. 12.4.20).

5. Фреоновые трубопроводы в штробах должны быть закреплены через каждые 0,6 м. Крепление в штробах на поворотах обязательно.
6. Ширина и глубина штроба должна быть достаточной для того, чтобы после укладки коммуникаций осталась возможность перекрыть их штукатурным раствором на глубину не менее 20 мм.

IBIK

7. Закладка в штробы трубопроводов с паяным стыками, как правило, не допускается. В технически обоснованных случаях это возможно при условии проверки паяных стыков фреоновой магистрали избыточным давлением 20 бар в течение 18 часов. Давление может меняться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающего воздуха:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{P_1}{P_2},$$

где T_1, T_2 — температура окружающей среды до и после проверки соответственно;

P_1, P_2 — давление во фреоновой магистрали до и после проверки соответственно.

Внимание! Температура должна быть измерена в градусах Кельвина, а давление — в барах.

8. При прохождении фреоновыми трубопроводами ограждающих конструкций (стен, межэтажных перекрытий) обязательна установка стальных или пластмассовых гильз. После установки гильза заделывается теплоизоляцией и цементным раствором.
9. Как исключение допускается прохождение в гильзе фреоновых трубопроводов без теплоизоляции. Однако в этом случае пустоты в гильзе должны быть на всю глубину заполнены вспенивающимся герметиком.

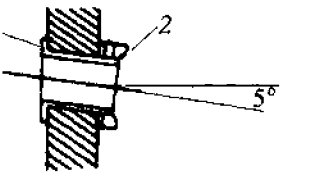


Рис. 12.4.21. Установка гильзы в стене:
1 — гильза;
2 — запорная шайба

10. В случае прокладки фреоновых трубопроводов за подвесным потолком допускается прокладка без защиты от механических воздействий. Трубопроводы подвешиваются на специальные кронштейны или перфорированную подвеску. Крепление фреоновых трубопроводов к уже существующим прочим коммуникациям, подвескам подвесного потолка не допускается.
11. Превышение длины фреоновых трубопроводов относительно предельно допустимой длины для данного типа систем кондиционирования не допускается.
12. Места паяных соединений фреоновых трубопроводов должны быть отмечены в исполнительной документации. Паяные соединения на теплоизолированном трубопроводе отмечаются полоской цветного скотча шириной 1 см.
13. Механические соединения фреоновых трубопроводов должны быть герметичны.

IBIK

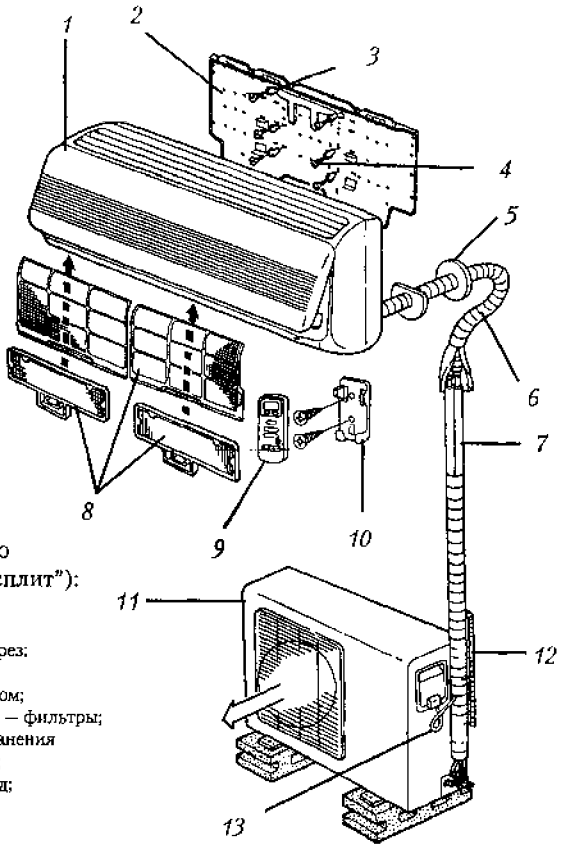


Рис. 12.4.22. Схема монтажа бытового кондиционера (типа "сплит"):
1 — внутренний блок;
2 — монтажная плата;
3 — дюбель; *4* — шуруп-саморез;
5 — запорная шайба;
6 — теплоизоляция с бандажом;
7 — фреоновая магистраль; *8* — фильтры;
9 — пульт; *10* — скоба для хранения пульта; *11* — наружный блок;
12 — дренажный трубопровод;
13 — электрический кабель

12.4.7. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ВСАСЫВАЮЩИХ МАГИСТРАЛЕЙ

На горизонтальных участках для возврата масла на всасывающем трубопроводе необходимо делать небольшой уклон в сторону компрессора. Если наклона не будет, то возможно образование застойных зон, откуда масло удалить будет сложно. С учетом уклона скорость на горизонтальных участках может быть снижена до 2,5 м/с. Увеличивать скорость более чем 20 м/с нецелесообразно по причине увеличения потерь давления и уровня шума движущегося газа.

На вертикальных участках масло будет подниматься, если скорость хладагента будет больше 5 м/с. Если диаметр вертикальной трубы больше 2 дюймов или если температура испарения ниже −10°С, минимальная скорость газа, необходимая для подъема масла во всасывающих трубопроводах, расположенных вертикально, должна быть 8–9 м/с.

На выходе испарителя, расположенного выше компрессора, необходимо делать U-образную маслоподъемную петлю, после чего всасывающий трубопровод следует поднять выше испарителя, чтобы не допустить стекания жидкого хладагента в компрессор (рис. 12.4.23).

IBIK

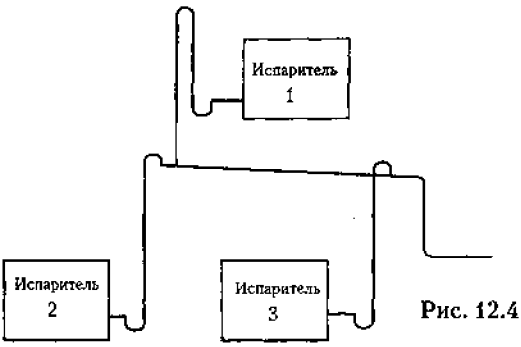


Рис. 12.4.23. Монтаж всасывающих магистралей (компрессор внизу)

В случае, если испаритель расположен ниже компрессора (рис. 12.4.24), на выходе испарителя также необходимо установить маслоподъемную петлю. Та часть трубопровода, которая имеет наклон в сторону компрессора, должна начинаться обратным сифоном, расположенным в самой верхней точке трубопровода таким образом, чтобы препятствовать попаданию масла в испаритель.

Для холодильных установок с регулируемой производительностью восходящие участки всасывающих трубопроводов выполняются из двух параллельных труб. Диаметр этих трубопроводов определяется таким образом, чтобы в сумме оба они обеспечивали возврат масла в компрессор при полной нагрузке. При частичной нагрузке труба большого диаметра оказывается закупоренной масляной пробкой, образованной в маслоподъемной петле, в результате чего скорость газового потока в трубе меньшего диаметра возрастет, обеспечивая возврат масла. Диаметр этой трубы должен определяться, исходя из условий обеспечения возврата масла при работе установки с минимальной производительностью.

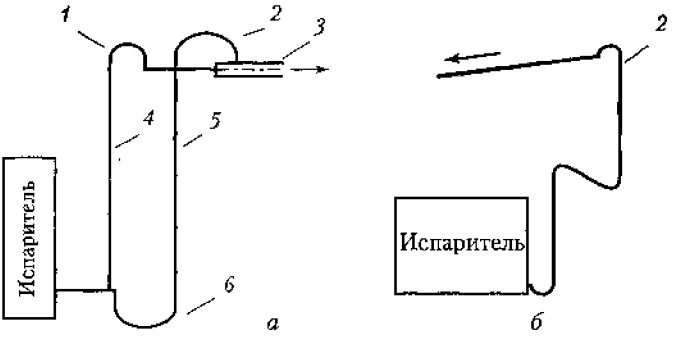


Рис. 12.4.24. Восходящие всасывающие трубопроводы:
а — компрессор снизу; *б* — компрессор вверху;
1, 2 — обратный сифон в верхней части; 3 — коллектор всасывания; *4* — байпасный восходящий трубопровод;
5 — основной восходящий трубопровод;
6 — маслоподъемная петля

IBIK

12.4.8. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Если конденсатор располагается выше компрессора (например, в прецизионных кондиционерах с вынесенным конденсатором), возникает опасность, что во время остановки компрессора масло, выброшенное в нагнетательную магистраль, будет стекать назад в клапанную группу. Поэтому если разность по высоте между конденсатором и компрессором составляет более 3 м, необходимо предусмотреть в начале восходящего участка маслоподъемную петлю. Если разность уровней еще больше, то маслоподъемные петли нужно устанавливать через каждые 3 м. Кроме того, на выходе компрессора нужно устанавливать маслоотделитель.

Для установок с регулируемой производительностью необходимо устанавливать две параллельные линии, аналогично линии всасывания.

Для хладагентов, не смешиваемых с маслом (R717), эти меры применять не требуется.

12.4.9. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ЖИДКОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Жидкостный трубопровод должен иметь наклон в сторону регулятора потока. Нельзя создавать перевернутые ∩-образные участки трубопроводов, в которых может сосредотачиваться газ. Как известно, газ в жидкостной магистрали ухудшает работу регулятора потока.

Для восходящих жидкостных трубопроводов длиной более 5 м рекомендуется переразмерить диаметр жидкостной трубы.

12.4.10. МОНТАЖ МАСЛОПОДЪЕМНЫХ ПЕТЕЛЬ

В маслоподъемной петле скапливается масло, унесенное хладагентом из компрессора.

Если маслоподъемных петель несколько, то масла, оставшегося в них, может быть довольно много. А это значит, что масла может не хватить для смазки компрессора. Поэтому при установке маслоподъемных петель необходимо:

- габаритные размеры маслоподъемных петель делать как можно меньше;
- после первого запуска установки добавить масло в контур до необходимого уровня в компрессоре.

IBIK

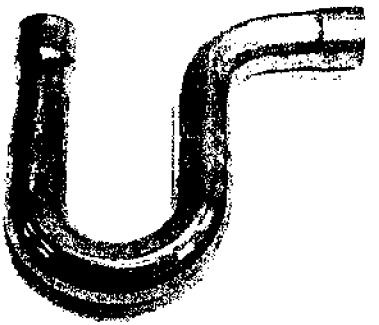


Рис. 12.4.25. Маслоподъемная петля

Маслоподъемную петлю при больших диаметрах труб можно изготовить из 90° уголков. Но лучше всего использовать петли заводского изготовления (рис. 12.4.25).

2.4.11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ТРУБ ФРЕОНОВЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

Обычно в руководствах по монтажу кондиционеров указываются диаметры труб фреоновой магистрали. Однако монтажники и проектировщики часто либо не имеют этих данных, либо хотят сделать отклонения от технической документации в силу обстоятельств, сложившихся на конкретном объекте.

Выбор диаметра труб фреоновой магистрали определяют три обстоятельства:

- потери давления на магистрали;
- обеспечение возможности возврата масла;
- скорость потока хладагента.

Потери давления напрямую влияют на холодопроизводительность установки. При возрастании потерь давления в трубопроводах холодопроизводительность падает, а потребляемая мощность увеличивается. Рост потерь давления пропорционален квадрату скорости хладагента в трубопроводе. Особенно влияют на холодопроизводительность потери давления в трубопроводах всасывания. Потери давления жидкостной магистрали можно рассматривать как незначительные.

Потери давления оцениваются по эквивалентному перепаду температур на фреоновой магистрали. Средние потери давления для трубопровода длиной 30 м не должны превышать 1–2 К. Исходя из этого, оптимальная скорость потока хладагента в трубопроводах холодильной установки должна иметь значения, указанные в таблице 12.4.9.

Таблица 12.4.9. Допустимая скорость хладагента в трубопроводе, м/с

Тип трубопровода	Хладагент	
	R12, R22, R502	R717
Всасывания	5–30	8–40
Нагнетания	8–20	10–30
Жидкостный	0,3–1,0	0,5–1,0

В результате хорошего растворения масла в жидком хладагенте циркуляция масла в жидкостной магистрали не вызывает проблем.

В магистралях нагнетания и всасывания масло и хладагент разделяются, поэтому необходимо применять определенные меры по возвращению масла в компрессор.

IBIK

Произведем расчет диаметра трубопровода всасывания для кондиционера холодопроизводительностью 5,0 кВт.

Исходные данные для расчета:

1. Холодопроизводительность, Вт,	5,0
2. Скорость потока газа, м/с,	5,0
3. Хладагент	R22
4. Теплота испарения хладагента R22 при температуре испарения +5 °С, кДж/кг,	201,0

Решение:

Массовый расход жидкого хладагента за 1с равен:

$$Q_м = \frac{P}{\Delta h} = \frac{5000\ Дж/с}{201\ Дж/г} = 25\ г/с.$$

Учитывая, что плотность R22 примерно 1,2 г/см^3, объемный расход:

$$Q_V = \frac{25\ г/с}{1{,}2\ г/см^3} = 20{,}8\ см^3/с.$$

Так как объем газообразного хладагента R22 в 31 раз больше объема жидкости, объемный расход газа

$$Q_г = 20{,}8 \cdot 31 = 645\ см^3/с,$$

$$Q_г = V \cdot S = V\frac{\pi D^2}{4},$$

где V — скорость газа в трубопроводе,

S — площадь сечения трубопровода,

D — диаметр трубопровода всасывания.

Из этого следуст, что

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 645}{3{,}14 \cdot 500}} = 1{,}28\ см.$$

То есть диаметр трубопровода всасывания должен быть 12,8 мм. Ближайший стандартный размер равен 1/2". Аналогично производится расчет линии нагнетания.

12.4.12. МОНТАЖ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩИХ ВЕНТИЛЕЙ

При монтаже терморегулирующих вентилей необходимо выполнять следующие требования:

1. Корпус ТРВ устанавливается в горизонтальном положении на жидкостной магистрали как можно ближе к испарителю (рис. 12.4.26). Термосифон ТРВ должен находиться сверху.
2. Термобаллон должен быть установлен на трубопроводе всасывания так, чтобы его температура соответствовала температуре газа, выходящего из испарителя. Температура корпуса ТРВ должна быть выше температуры термобаллона.

IBIK

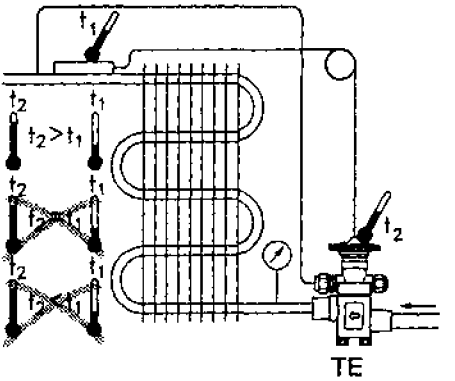


Рис. 12.4.26. Расположение элементов ТРВ

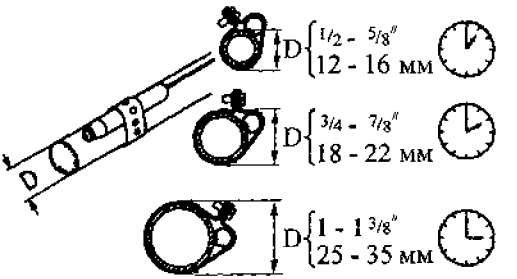


Рис. 12.4.27. Расположение термобаллона ТРВ на трубе

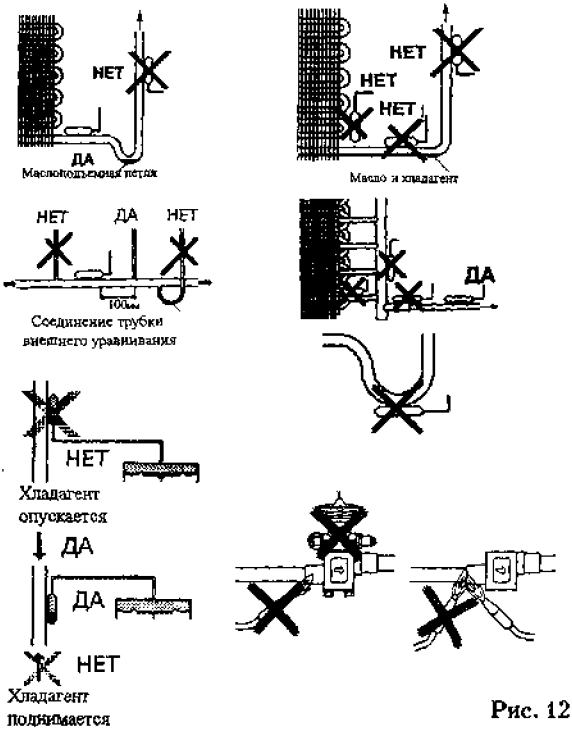


Рис. 12.4.28. Установка термобаллона и трубки уравнивания давления ТРВ

IBIK

3. Размещение термобаллона зависит от диаметра трубопровода всасывания (рис. 12.4.27):
   - диаметр трубопровода < 5/8″ (15,88 мм) — на "12–13 часов";
   - диаметр трубопровода от 3/4″ (18 мм) до 7/8″ (22 мм) — на "14 часов";
   - диаметр трубопровода от 1″ (25,4 мм) до 1 3/8″ (35 мм) — на "15 часов";
   - диаметр трубопровода более 1 3/8″ (35 мм) — на "16 часов".
4. Нельзя устанавливать термобаллон внизу трубы или на маслоподъемной петле, так как находящееся там масло искажает реальную температуру газа.
5. Укреплять термобаллон следует только с помощью специального хомута, прилагаемого в комплекте с ТРВ. Применение другого крепежного материала категорически запрещается из-за деформации температурного поля и возможности ослабления контакта термобаллона с трубопроводом. Крепежный хомут должен быть затянут настолько, чтобы термобаллон нельзя было провернуть рукой.
6. Термобаллон должен устанавливаться как можно ближе к выходу испарителя на горизонтальном участке (рис. 12.4.28). При установке термобаллона на вертикальном участке в момент запуска кондиционера жидкость, скопившаяся в нижней части трубопровода и в маслоподъемной петле, начинает испаряться, сильно охлаждая всасывающую магистраль. В результате могут возникнуть пульсации ТРВ, описанные в разделе 4. Если нет возможности установить термобаллон на горизонтальной трубе, то, как исключение, термобаллон может быть установлен так, чтобы поток хладагента был направлен сверху вниз. Капиллярная трубка должна подходить к термобаллону сверху, а термобаллон должен быть направлен вниз.
7. Термобаллон нельзя располагать на месте пайки трубопровода.
8. Термобаллон должен быть тщательно теплоизолирован, чтобы наружный воздух не влиял на работу ТРВ.
9. Перед установкой термобаллона на трубопроводе места прилегания должны быть тщательно очищены. Желательно на место прилегания нанести теплопроводную пасту.
10. Уравнивающая труба ТРВ должна подходить к трубопроводу сверху и устанавливаться на расстоянии 100 мм от термобаллона.
11. Расстояние от уравнивающей трубки до маслоподъемной петли должно быть не менее 100 мм.
12. Если хладагент подается в испаритель через распределитель жидкости, то длины всех трубок, соединяющих распределитель с соответствующими секциями испарителя, должны быть одинаковыми.
13. Пайку неразборного ТРВ следует производить при охлаждении корпуса ТРВ смоченной ветошью. Разборный ТРВ можно паять только в разобранном виде, сняв верхнюю часть корпуса и дроссельный клапан.

IBIK

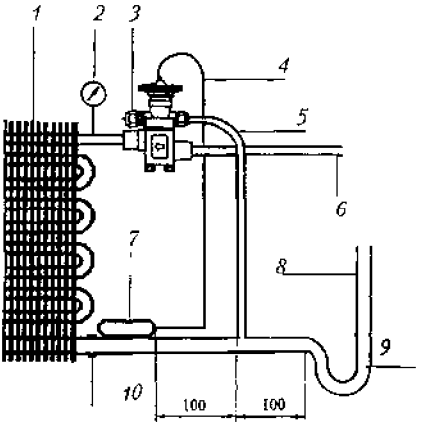


Рис. 12.4.29. Типовый монтаж ТРВ:
1 – испаритель; *2* – манометр;
3 – регулировочный винт;
4 – капиллярная трубка термобаллона; *5* – уравнивающая трубка; *6* – жидкостная магистраль;
7 – термобаллон;
8 – газовая магистраль;
9 – маслоподъемная петля;
10 – место спая трубопровода

14. Настройка ТРВ производится по методике, изложенной в разделе 4.

12.5. МОНТАЖ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Дренажный трубопровод выполняется из пластмассовых труб диаметром 16–25 мм. На поворотах можно использовать гибкие шланги. Трубопровод, в котором конденсат стекает самотеком, должен иметь уклон не менее 100 : 1 (снижение на 1 см на длине трубы 1 м). Если отвод конденсата самотеком обеспечить невозможно, устанавливаются конденсатные насосы (табл. 12.5.1).

Дренажный трубопровод должен быть надежно прикреплен к потолку или стене с помощью хомутов. Количество подвесок, крепежных хомутов должно быть достаточным для того, чтобы исключить провисание отдельных участков. Дренажный трубопровод должен быть герметичным. Стенки труб и шлангов проклеивают клеями на силикатной основе. Стыковка дренажных труб различных диаметров не допускается.

В штробах дренажные трубопроводы закрепляются через каждые 0,6 м. Крепления в штробах на поворотах обязательны.

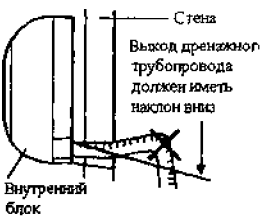
Допускается прокладка дренажного трубопровода совместно с фреоновой магистралью и электрическим кабелем. Изгибы дренажных трубопроводов, выполненные гибким шлангом, должны быть плавными с радиусом не менее 8 диаметров. При опускании дренажной трубы до уровня земли между концом дренажной трубы и землей должно быть расстояние не менее 50 мм (рис. 12.5.1, *а*). При переходе через стену дренажная труба должна иметь уклон наружу не менее 5°.

IBIK

Таблица 12.5.1. Технические характеристики конденсатных насосов

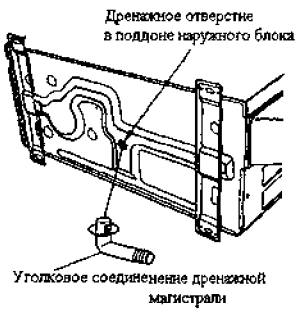
Тип насоса	Фирма-изготовитель	Питающее напряжение, В	Производительность, л/час	Потребляемая мощность, В·А	Макс. подъем воды, м	Макс. длина дренажного трубопр., м	Диаметр присоединительного патрубка, мм
Split System Micro Pump	EPC International LTD, Англия	220 50 Гц	15	18	5	30	6
Micro Pump	EPC International LTD, Англия	220 50 Гц	9	18	3	30	6
Micro Pump	EPC International LTD, Англия	220 50 Гц	75	32	9	30	6

Подъемные петли не допускаются (рис. 12.5.1, *г*). При сбросе конденсата в емкости дренажная труба должна заканчиваться выше возможного уровня воды в емкости (рис. 12.5.1, в). При сбросе воды в колодцы конец дренажной трубы не должен доходить до уровня воды в колодце (рис. 12.5.1, *д*). Отвод конденсата в канализацию необходимо выполнять только с устройством водяного затвора. Предпочтительно использовать стандартные сантехнические сифоны. Ввод дренажных трубопроводов в канализацию допускается выполнять с применением стандартных канализационных тройников. Сверление и пробивка канализационных труб не допускается.



Если дренажный трубопровод выводится из помещения, а кондиционер зимой планируется использовать в режиме охлаждения, то при температуре наружного воздуха ниже 0° часть дренажной трубы, находящаяся вне помещения, должна обогреваться.

В качестве нагревателя может использоваться саморегулирующийся нагревательный кабель удельной мощностью 10–18 Вт/м при напряжении 220 В. Например, кабель PIPEGUARD-10 (10 Вт/м при t = 10 °С) или кабель PIPEGUARD-15 (15 Вт/м при t = 10 °С). Если саморегулирующегося кабеля нет, можно использовать нагревательный кабель (например, окольцованный двужильный экранированный кабель DTIP (длина 5–22 м) или одножильный кабель DSIG-20 фирмы De-vi). Двужильный кабель прокладывается внутри медной трубы, которая должна быть теплоизолированной.



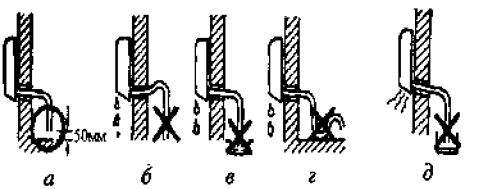


Рис.12.5.1. Особенности монтажа дренажного трубопровода

Одножильный кабель частично (в одну сторону) прокладывается внутри трубы и частично на поверхности трубы. Труба с нагревательным проводом обязательно утепляется теплоизоляционным чулком типа "Армафлекс". Теплоизоляция защищается лентой (скотчем), армированной влагостойкой по всей длине. Для нагревательного кабеля DTIP-18 и DSIG-20 необходимо устанавливать регулятор температуры в диапазоне от –10 °С до +10 °С. Установка требуемой температуры производится на регуляторе.

Оценка качества смонтированного дренажного трубопровода выполняется промывкой водой следующим образом:

- трубопровод продувается воздухом;
- определенное количество воды заливается в поддон для сбора конденсата внутреннего блока или на испаритель;
- вылившуюся из трубопровода воду собирают и оценивают ее количество.

При правильном монтаже трубопровода количество залитой в трубопровод воды должно соответствовать количеству воды, вылившейся из него.

12.6. КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА

Контроль герметичности холодильного контура производят путем подачи в контур избыточного давления, превышающего рабочее давление в 1,5 раза (опрессовка). При наличии в холодильном контуре элементов, чувствительных к такому давлению (например, предохранительные клапаны), их необходимо снять, а на их место поставить заглушки. После испытаний снятые элементы устанавливаются на место.

Опрессовку холодильной установки (кроме установок с хладагентом R717) следует производить сухим азотом. Сухой азот имеет сухость от 99,99 % (30 ppm) до 99,9995 % (2 ppm). В 50-литровом баллоне азота при давлении 200 бар и сухости 30 ppm содержится 1,5 г влаги. Если проверку герметичности системы произвести сжатым воздухом, то в ней сосредоточится 25–50 г влаги. При таком остатке влаги установка может оказаться неработоспособной.

Установки, работающие на аммиаке, могут опрессовываться воздухом, поскольку влага не нарушает работу таких установок.

IBIK

Баллон с сухим азотом соединяется с холодильной установкой через редуктор, так как давление в баллоне достигает 200 бар. Повышение давления в установке осуществляется ступенями с одновременным контролем герметичности. Если обнаружено снижение давления, следует в разъемных соединениях, пайках и заглушках искать неплотности методом омыливания. Появление пузырей является признаком утечки.

Если методом омыливания найти утечку не удается, установку по частям опускают в воду (но так, чтобы в воде не оказались элементы автоматики). Можно в контур к сухому азоту добавить небольшое количество хладагента и поиск осуществлять течеискателями (рис. 12.6.1).

Если установка аммиачная и проверка производится сжатым воздухом, то добавлять аммиак нельзя, так как смесь аммиака с воздухом в пределах концентрации аммиака от 15,5 до 27% по объему является взрывоопасной.

Проверка герметичности опрессовкой длится 24 часа. Давление в трубопроводе может измениться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающей среды в соответствии с законом Шарля:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

При этом значения температур следует брать по шкале Кельвина.

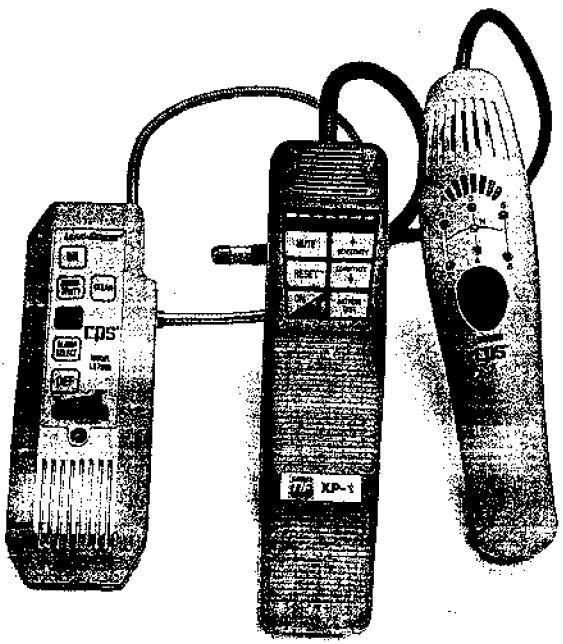


Рис. 12.6.1. Течеискатели утечки хладагента

12.7. ВАКУУМИРОВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНОГО КОНТУРА

Вакуумирование холодильного контура производится с целью удаления из контура воздуха и газа после опрессовки и, самое главное, для понижения содержания влаги. Как было показано ранее, наличие влаги в контуре может привести к забивке льдом регуляторов подачи, четырехходового клапана, с большой вероятностью к выходу из строя компрессора.

Для удаления влаги из контура насосом необходимо, чтобы вода из жидкого состояния перешла в газообразное. Для этого при нормальном атмосферном давлении необходимо нагреть воду до состояния кипения или значительно понизить давление. Так как в контуре поднять температуру не представляется возможным, то используются вакуумные насосы, понижающие давление.

На рис. 12.7.2 показано, как меняется парциальное давление паров в насыщенном влагой воздухе в зависимости от температуры. Из графика видно, что для кипения воды при температуре 20 °С давление должно быть снижено до 23 мбар, а при температуре 0 °С — до 6 мбар. Отсюда следует, что вакуумировать контур целесообразно при повышенной температуре. Для этого можно при вакуумировании нагревать теплообменник контура потоком горячего воздуха.

Глубина вакуума, которая считается достаточной для кондиционеров, составляет 1 мбар. Для вакуумирования применяют насосы (одноступенчатые, двухступенчатые с газовым балластом) производительностью 10–60 м^3/ч при глубине вакуума около 0,4 мбара.

При вакуумировании рекомендуется закрыть всасывающий вентиль насоса и отвакуумировать внутреннюю область и вакуумное масло насоса до 6,6 мбара (при этом насос станет достаточно горячим), после чего открыть вентиль.

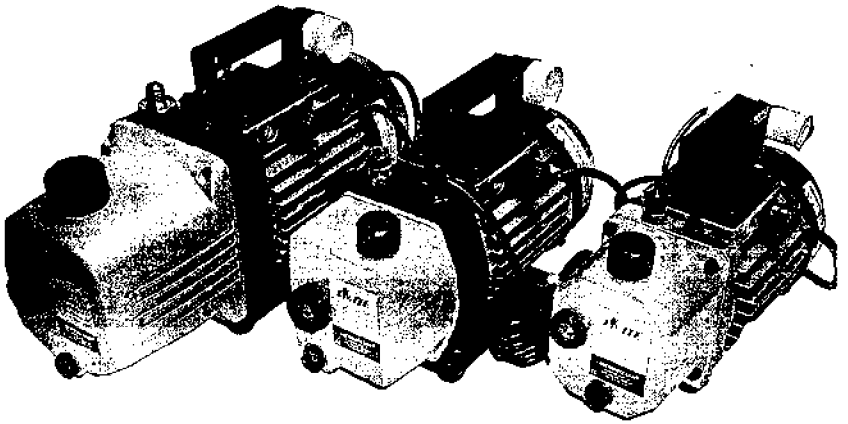


Рис. 12.7.1. Вакуумные насосы

ИВК

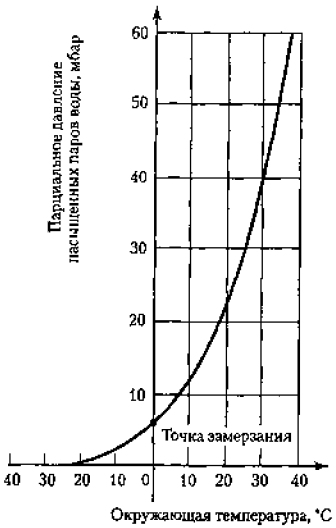


Рис. 12.7.2. Зависимость парциального давления паров воды от температуры

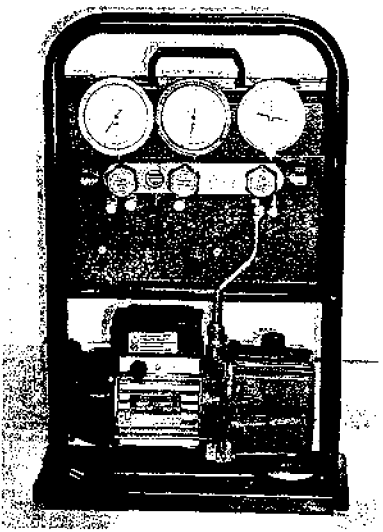


Рис. 12.7.3. Вакуумный насос с манометрическим коллектором

Схема подключения оборудования для вакуумирования системы, эвакуации и заправки хладагента приведена на рис. 12.7.4.Время вакуумирования зависит от внутреннего объема холодильного контура, количества влаги в контуре и окружающей температуры. Как только вакуум достигнет 1 мбара, вентиль, идущий к вакуумному насосу, можно

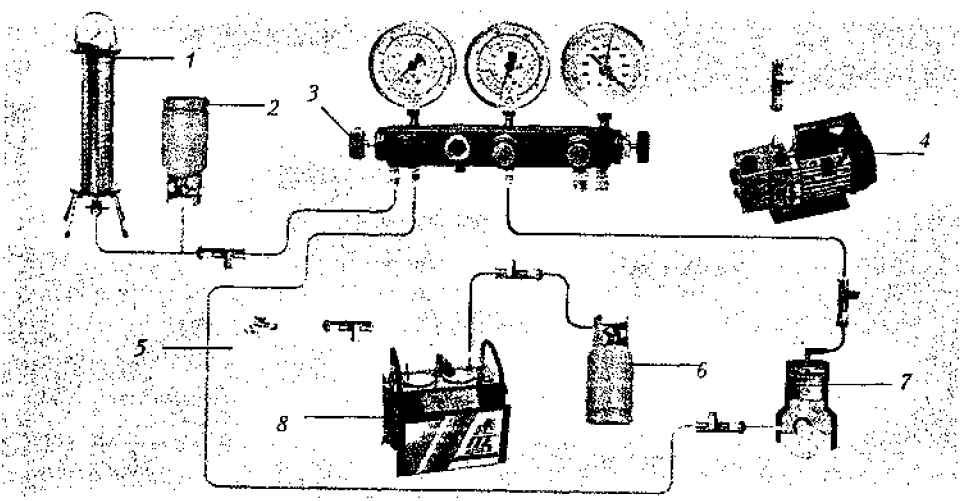


Рис. 12.7.4. Универсальная схема подключения оборудования для вакуумирования системы, эвакуации и заправки хладагента:

1 — заправочный цилиндр; *2* — заправочный баллон; *3* — пятивентильный коллектор; *4* — вакуумный насос; *5* — цилиндр для отбора проб хладагента; *6* — баллон для эвакуации хладагента; *7* — холодильный контур; *8* — станция эвакуации хладагента

IBIK

закрыть, а насос выключить.

Необходимо обращать внимание на шланги вакуумного насоса. При тонких и длинных шлангах падение давления будет очень большим; производительность насоса уменьшается, из-за чего увеличивается время вакуумирования. В некоторых случаях не удается получить необходимый вакуум.

В контурах с капиллярной трубкой вакуумирование производят с линии всасывания через заправочный коллектор. В системах с ТРВ вакуумирование следует производить как с линии всасывания, так и с линии нагнетания.

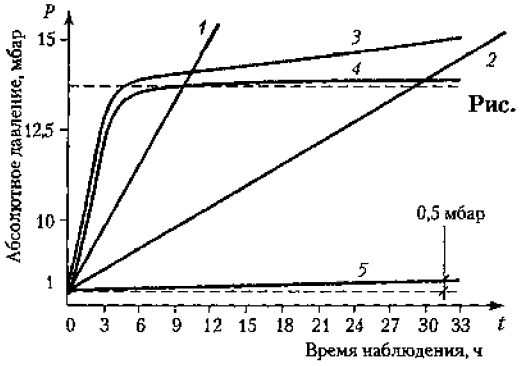


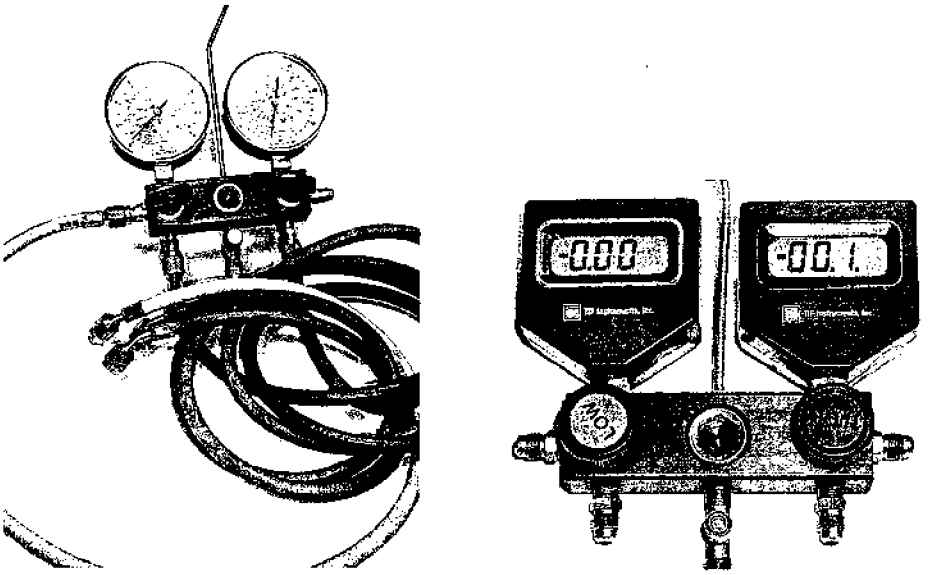
Рис. 12.7.5. Проверка качества вакуумирования холодильного контура:
1 – контур обезвожен, но имеет значительную утечку; *2* – контур обезвожен, но степень герметичности недостаточная; *3* – контур плохо обезвожен и недостаточно герметичен; *4* – контур герметичен, но недостаточно обезвожен; *5* – контур полностью обезвожен и совершенно герметичен

После завершения вакуумирования необходимо перекрыть вентили, через которые производилось вакуумирование, и наблюдать характер изменения вакуума в контуре. Возможные варианты изменения степени вакуума показаны на рис. 12.7.5.

Если в течение 24 часов вакуум изменится до 0,5 мбара (линия 5), можно считать, что контур полностью обезвожен и герметичен. Кривая *4* соответствует герметичной, но изначально плохо обезвоженной системе. Кривая *3* – контур недостаточно герметичен и плохо обезвожен. Кривая *2* – контур обезвожен, но степень герметичности недостаточна. Линия *1* – контур обезвожен, но имеет значительную утечку.

Если вакуумирование производится после вскрытия контура (после ремонта), то следует помнить, что отобрать из контура влагу, покрытую пленкой масла, крайне сложно, и время вакуумирования значительно увеличивается. В этом случае нужно вакуумировать через фильтр-осушитель.

IBIK



а *б*

Рис. 12.7.6. Манометрические коллекторы:
а – двухвентильный стрелочный;
б – двухвентильный цифровой

Поэтому при ремонте и любом вскрытии контура необходимо заменять фильтр-осушитель. Степень влажности хладагента оперативно можно оценить тестированием прибором, показанным на рис. 12.7.7. При повышенной влажности в холодильный контур необходимо установить сменный фильтр. В процессе наладки холодильной установки фильтры необходимо менять несколько раз до тех пор, пока не будет достигнута необходимая степень влажности хладагента.

Тип масла можно оперативно определить с помощью оптического рефрактометра (рис. 3.3.11).

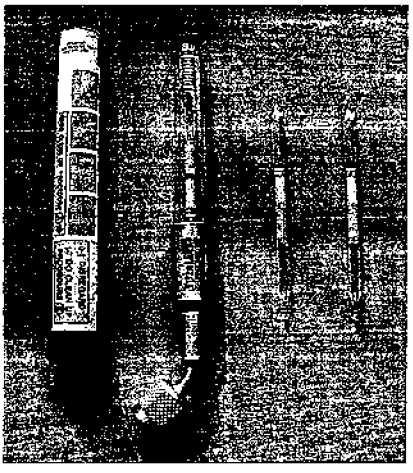


Рис. 12.7.7. Прибор для оперативного определения степени влажности хладагента

12.8. ЗАПРАВКА ХЛАДАГЕНТА

Заправку хладагента производят после завершения процесса вакуумирования и выдержки для определения степени вакуума. Для этого шланг вакуумного насоса снимают и накручивают на вентиль баллона. Немного открутив гайку на другом конце заправочного шланга, следует открыть вентиль баллона и продуть заправочный шланг хладагентом. Закрутить гайку и закрыть вентиль баллона. Заправку необходимо производить, взвешивая баллон хладагента на весах. Если заправка производится жидким хладагентом, баллон нужно перевернуть вверх дном.

Внимание! Холодильная машина должна быть выключена!

При заправке баллон охлаждается, и давление в нем падает, становится ниже, чем давление в заправляемом контуре. Поэтому баллон с хладагентом в процессе нужно подогревать. Подогрев баллона можно производить путем опускания его в подогретую воду. Но лучше использовать электронагревательный пояс (рис. 12.8.1), который имеет термоконтакт, отключающий нагрев при +50°С (18,4 бара для R22). По соображениям безопасности нельзя подогревать баллон газовой горелкой или любым другим способом, который может привести к местному перегреву. Заправлять хладагент необходимо по массе. Для этой операции лучше всего использовать специальные весы с электронным отсекателем (рис. 12.8.2), позволяющим заправить установку строго определенным количеством хладагента. Если для заправки используется заправочный цилиндр (рис. 12.8.3), то в него предварительно заливают только такое количество хладагента, которое необходимо для заправки данной установки.

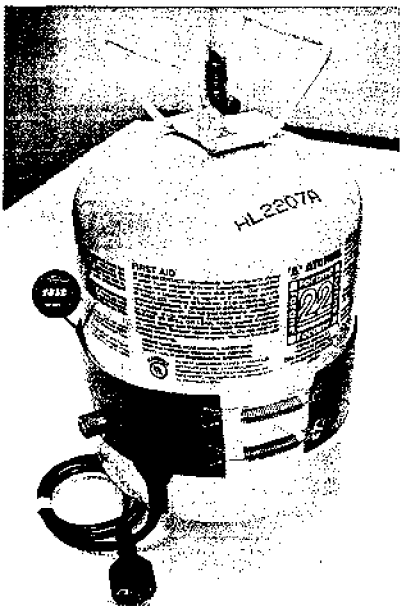


Рис. 12.8.1. Заправочный баллон с электронагревателем

В установках, оснащенных конденсатором с водяным охлаждением, при заполнении их хладагентом можно не прекращать циркуляцию воды в конденсаторах, чтобы путем понижения температуры конденсатора облегчить процесс заправки установки хладагентом.

Заправку неазеатропных хладагентов производить только в жидкой фазе.

IBIK



Рис. 12.8.2. Весы электронные с отсекателем хладагента

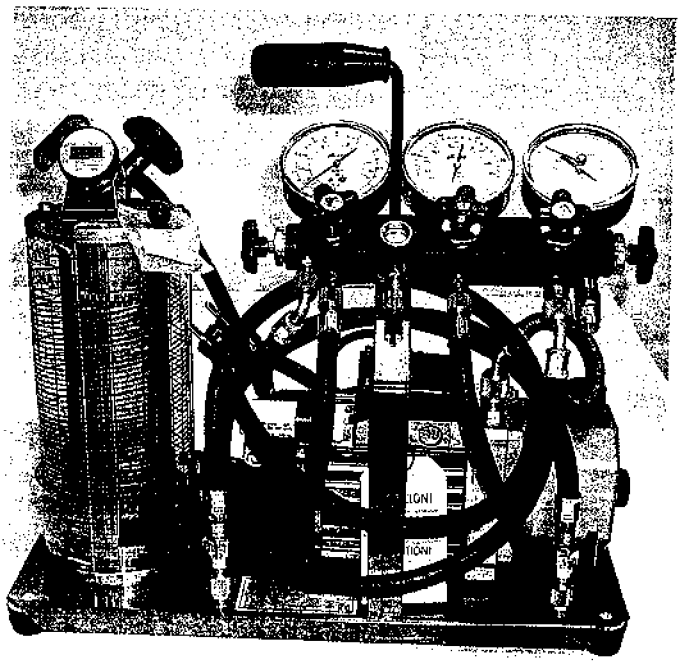


Рис. 12.8.3. Заправочный цилиндр

IBIK

Баллоны с R407C (R410A) оборудованы специальным патрубком, вмонтированным в днище. С этого патрубка через жидкостный вентиль подается жидкая фаза хладагента. Рекомендуется сначала заправить 80 % массы хладагента на линию высокого давления при выключенном компрессоре. Остальной хладагент заправляют в линию всасывания (при неработающем компрессоре!). Подробно см. раздел 3.3.

12.9. НАЛАДКА, ИСПЫТАНИЕ И СДАЧА СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Перед включением установки необходимо измерить напряжение питания электрической сети и убедиться, что оно соответствует требованиям технических условий на установку. Затем проверяют сопротивление электрической изоляции, которое должно быть не менее 10 мОм.

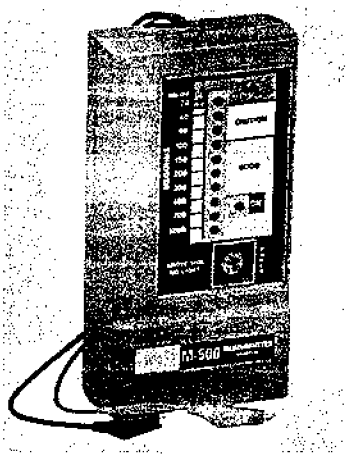


Рис. 12.9.1. Мегометр для измерения сопротивления изоляции

Если производится наладка кондиционера с разветвленной вентиляционной сетью, то сначала включают вентиляторы и производят наладку сети, как описано в разделе 10.

После заправки хладагента и перед включением установки необходимо включить подогреватель картера компрессора и выдержать под нагревом в течение времени, оговоренного в технических условиях (для систем типа КХ — не менее 6 часов).

Включив установку, необходимо с помощью токовых клещей (рис. 12.9.2) измерить рабочий ток. После этого наблюдают за показаниями манометров всасывания и нагнетания, уровнем масла в компрессоре, состоянием хладагента через смотровое стекло, установленное на выходе конденсатора.

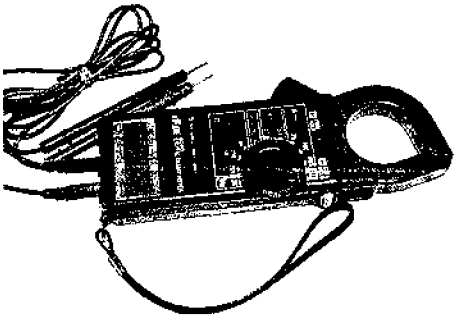


Рис. 12.9.2. Клещи токовые

Если количество хладагента достаточно, после выхода установки на заданный режим в смотровом стекле в линии нагнетания будет виден сплошной поток жидкости без газовых пузырьков. При наличии пузырьков хладагента добавляют газовую фракцию при работающем

IBIK



Рис. 12.9.3. Трубка Пито для измерения давления воздушного потока (из комплекта Testo-950)



Рис. 12.9.4. Универсальный электронный термометр

компрессоре, если хладагент азеотропный, и жидкостную фракцию при остановленном компрессоре, если хладагент неазеотропный.

Если в установке есть ресивер, то на время дозаправки перекрывают запорный вентиль жидкостного ресивера и внимательно наблюдают за ростом уровня жидкости в нем и значением давления нагнетания.

Нормальной считается заправка жидкостного ресивера на 1/3 его объема.

Установка должна работать до тех пор, пока температура в помещении не достигнет заданного значения. После этого приступают к регулировке ТРВ, как описано в разделе 4.

После завершения наладки проводят приемо-сдаточные испытания по программе, согласованной с заказчиком, и оформляют протокол испытаний.

Заказчику передается исполнительная проектная документация, эксплуатационный (гарантийный) паспорт на установку, руководство по эксплуатации, техническое описание, протокол испытаний. После выполнения этих работ подписывается акт передачи установки в эксплуатацию в соответствии с ДБН. А. 31-3-94.

IBIK

Приложения

Приложение 1

Перечень основной нормативной документации по системам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, действующей в Украине

1. **СНиП 2.04.05-91*** "Отопление, вентиляция и кондиционирование".
2. Изменение № 1 **СНиП** 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование".
3. Изменение № 2 **СНиП** 2.04.05-91 "Отопление, вентиляция и кондиционирование".
4. **ДБН** В.2.2-2-95 "Теплиці та парники".
5. **ДБН** А.2.2-1-95 "Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування".
6. **ДБН** А.3.1-3-94 "Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів. Основні положення".
7. **ДБН** В.2.8-2-95 "Будівельні машини, обладнання і механізований інструмент. Види випробувань. Порядок їх здійснення".
8. **ДБН** А.3.1-4-95 "Положення про гарантійний паспорт-сертифікат на об'єкт, що вводиться в експлуатацію".
9. **ДБН** А.2.2-2-96 "Технічний захист інформації. Загальні вимоги до організації проектування і проектної документації для будівництва".
10. **ДБН** А.2.2-3-97 "Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва".
11. **ДБН** В.2.2-3-97 "Будинки та споруди навчальних закладів".
12. **ДБН** В.2.5-13-98 "Пожежна автоматика будинків і споруд".
13. **ДБН** В.2.2-4-97 "Здания и сооружения детских дошкольных учреждений".
14. **ДБН** В.2.2-9-99 "Громадські будинки та споруди. Основні положення".

IBIK

15. **ДБН** В.2.2.-10-2001 "Будинки і споруди. Заклади охорони здоров'я".
16. **ДБН** Г.1-5-96 "Нормативна база оснащення будівельних організацій (бригад) засобами механізації, інструментом і інвентарем".
17. **ДБН** А.3.1.-5-96 "Організація будівельного виробництва".
18. **ДБН** А.1.1.-3-93 "Порядок проведення експертизи, узгодження, затвердження, реєстрації, видання та скасування нормативних документів".
19. **ДБН** А.1.1.-2-93 "Порядок розробки, вимоги до побудови, викладу та оформлення нормативних документів".
20. **ВБН** В.2.2-00032106-1-95 "Будинки і споруди. Проектування банків і банківських сховищ".
21. **ДСТУ** Б А.2.4-1-95 (ГОСТ 21.206-93) "СПДБ. Умовні позначення трубопроводів".
22. **ДСТУ** Б А.2.4-8-95 (ГОСТ 21.205-93) "СПДБ. Умовні позначення елементів санітарно-технічних систем".
23. **ДСТУ** Б А.2.4-3-95 (ГОСТ 21.408-93) "СПДБ. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів".
24. **ДСТУ** Б А.2.4-9-95 (ГОСТ 21.405-93) "Правила виконання робочої документації теплової ізоляції обладнання і трубопроводів".
25. **ДСТУ** Б А.2.4-10-95 (ГОСТ 21.110-95) "СПДБ. Правила виконання специфікацій обладнання виробів і матеріалів".
26. **ДСТУ** Б А.2.4-11-95 (ГОСТ 21.114-95) "СПДБ. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів".
27. **ДСТУ** Б В.2.5-8-96 (ГОСТ 15167-93) "Вироби санітарні керамічні. Загальні технічні умови".
28. **ДСТУ** Б В.2.5-12-98 (ГОСТ 30493-96) "Вироби санітарні керамічні. Типи та основні розміри".
29. **ДСТУ** Б В.2.4-12-95 (ГОСТ 21.606-95) "Правила виконання робочої документації тепломеханічних рішень котелень".
30. **ДСТУ** Б В.2.5-2-95 (ГОСТ 8690-94) "Радіатори опалювальні чавуні. Технічні умови".
31. **ДСТУ** Б В.2.7-97-2000 (ГОСТ 9573-96) "Вироби із мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому".
32. **ДСТУ** Б В.2.7-55-96 (ГОСТ 21485-94) "Бачки змивні і арматура до них. Загальні технічні умови".
33. **ДСТУ** Б В.2.7-56-96 (ГОСТ 10499-95) "Вироби теплоізоляційні зі скляного штапельного волокна. Технічні умови".
34. **ДСТУ** Б В.2.5-9-97 (ГОСТ 23289-94) "Арматура санітарно-технічна водозливна. Технічні умови".

ІВІК

35. **ДСТУ** Б В.2.5-14-99 (ГОСТ 19681-94)) "Арматура санітарно-технічна водозливна. Загальні технічні умови".
36. **ДСТУ** Б В.2.5-10-97 (ГОСТ 25809-96) "Змішувачі і крани водорозбірні. Типи і основні розміри".
37. **ДСТУ** Б В.2.5-11-98 (ГОСТ 1811-97) "Трапи для систем каналізації будинків. Технічні умови".
38. **ДСТУ** Б В.2.7-13-95 (ГОСТ 26302-93) "Скло. Методи визначення коефіцієнтів направленого пропускання і відбиття світла".
39. **ДСТУ** Б В.2.5-1-95 (ГОСТ 23695-94) "Прилади санітарно-технічні сталеві емальовані. Технічні умови".
40. **ДСТУ** Б В.2.5-4-95 (ГОСТ 11614-94) "Крани змивні напівавтоматичні. Технічні умови".
41. **ДСТУ** Б В.2.5-7-97 (ГОСТ 18297-96) "Прилади санітарно-технічні чавунні емальовані. Технічні умови".
42. **ДСТУ** Б В.2.5-3-95 (ГОСТ 20849-94) "Конвектори опалювальні. Технічні умови".
43. **ДСТУ** Б А.2.4-4-99 (ГОСТ 21.101-97) "Основні вимоги до проектної та робочої документації".
44. **ДСТУ** Б В.2.5-15-99 (ГОСТ 10944-97) "Крани регулювальні та запірні ручні для систем водяного опалення будівель".
45. **ДСТУ** Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) "Грунти. Класифікація".
46. **ДСТУ** Б В.2.7-38-95 (ГОСТ 17177-94) "Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Методи випробувань".
47. **ДСТУ** Б В.2.5-5-96 "Прилади опалювальні. Номенклатура показників якості".
48. **ДСТУ** Б А.1.1-34-94 "Вироби санітарно-технічні керамічні. Терміни та визначення".
49. **ДСТУ** Б В.2.5-17-2001 "Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення. Технічні умови".
50. **ДСТУ** Б В.2.5-18-2001 "Деталі з'єднувальні з поліпропілену для зварювання нагрітим інструментом врозтруб при будівництві мереж холодного та гарячого водопостачання".
51. **СНиП** 3.05.01-85 "Внутренние санитарно-технические системы".
52. **СНиП** 2.08.01-89 "Жилые здания".
53. **СНиП** 3-4-80 "Правила производства и приемки работ. Глава 4. Техника безопасности в строительстве".
54. **СНиП** 23-01-99 "Строительная климатология".
55. **СНиП II-3-79*** "Строительная теплотехника".
56. **СНиП 2.04.14-88*** "Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов".
57. **СНиП 2.03.13-88** "Полы".

IBIK

58. **ДСН** 3.3.6.037-99 "Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку".
59. **ДСН** 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".
60. **ДСН** 3.3.6.039-99 "Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації".
61. **ДНАОП** 1.1.10-1.04-01 "Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями".
62. **ДНАОП** 0.00-8.19-99 "Порядок проведення опосвідчення електроустановок споживачів".
63. **ДНАОП** 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів".
64. **ДНАОП** 0.00-1.29-97 "Правила захисту від статичної електрики".
65. **ДНАОП** 0.00-1.07-94 "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".
66. **Збірник** повних текстів змін до Державних будівельних норм (ДБН), Державних стандартів України (ДСТУ), ГОСТів та СНіПів, що були введені в дію в 2001 році.
67. **Збірник** повних текстів змін, що буди введені в дію в 1994–2000 рр., до Державних будівельних норм (ДБН), Державних стандартів (ДСТУ), ГОСТів та СНіПів.
68. **Перелік** чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва (за станом на 1 січня 1999 р.).
69. **Збірник** доповнень, змін і поправок станом на 1 січня 2001 року до ПЕРЕЛІКУ чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва (на 01.01.99).
70. **Збірник № 2** доповнень, змін і поправок станом на 1 січня 2002 року до ПЕРЕЛІКУчинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва (на 1.01.99).

ІВІК

Приложение 2

Расчетные параметры наружного воздуха

Город	Расчетная географическая широта, град. с. ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А			Параметры Б			Среднесуточная амплитуда температуры воздуха, °С	Количество градусо-суток отопит. периода
				Температура, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	Температура, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с		
Бердянск	46	1010	Тепл.	25,9	53,9	1	30,5	63,46	1	12,5	3024
			Холодн.	–7	–2,5	1	–19	–17,6	1	—	
Винница	48	970	Тепл.	23	53,6	2,8	27,3	56,9	2,8	11,9	3610
			Холодн.	–10	–6,7	7,1	–21	–19,7	5,2	—	
Джанкой	46	1010	Тепл.	27,8	58,9	1	32,4	63	1	14	2640
			Холодн.	–5	0	1	–17	–15,5	1	—	
Днепропетровск	48	1010	Тепл.	26,5	54	1	31	57,4	1	11,3	3325
			Холодн.	–9	–5,4	7	–23	–22	5,7	—	
Донецк	49	1010	Тепл.	25,3	54,7	1	30,4	53,9	1	13,9	3623
			Холодн.	–10	–6,7	6,2	–23	–22,2	6,2	—	
Евпатория	45	1010	Тепл.	28,8	63	4	31,4	67	4	8,4	2324
			Холодн.	–3	–2,7	7,1	–16	–14,2	7,1	—	
Житомир	48	990	Тепл.	23,1	50,5	1	27,7	54,7	1	10,8	3610
			Холодн.	–9	–5,2	5,4	–22	–21	5,4	—	
Запорожье	48	1010	Тепл.	27,1	55,7	1	31,2	58,6	1	12,5	3202
			Холодн.	–8	–5,4	7,8	–22	–21,2	7,1	—	
Ивано-Франковск	48	970	Тепл.	22,8	54,7	1	27,4	58,9	1	11,2	3330
			Холодн.	–9	–5,4	5,8	–20	–18,9	5,8	—	
Измаил	44	1010	Тепл.	27,2	58,6	1	31,8	61,5	1	11,8	2812
			Холодн.	–5	0	1	–14	–11,7	7	—	
Керчь	44	1010	Тепл.	26	60,7	4,1	30,3	62,8	4,1	11	2174
			Холодн.	–4	1,3	10,2	–15	–13	9	—	
Киев	51	990	Тепл.	23,7	53,6	1	28,7	56,1	1	10,8	3572
			Холодн.	–10	–6,7	5,3	–22	–20,7	4,2	—	
Кировоград	48	990	Тепл.	25,8	55,3	1	29,7	57,4	1	12,9	3515
			Холодн.	–5,4	–5,4	6,7	–22	–20,7	5,7	—	
Конотоп	52	990	Тепл.	24	52,3	1	28	55,7	1	11,6	3919
			Холодн.	–11	–8	5	–24	–22,2	4,3	—	
Луганск	48	1010	Тепл.	27,4	56,3	1	31,8	58,6	1	13,9	3528
			Холодн.	–10	–6,7	6,7	–25	–24,3	5,2	—	
Луцк	52	970	Тепл.	22,6	50,5	1	27,2	54,7	1	10,3	3403
			Холодн.	–8	–4,2	6,3	–20	–18,9	6,3	—	
Львов	48	970	Тепл.	22,1	53,2	1	26,4	57,4	1	10,6	3476
			Холодн.	–9	–2,5	7,1	–19	–17,6	5,1	—	
Любашевка	49	990	Тепл.	25,4	54,7	1	30	58,9	1	11,1	3311
			Холодн.	–9	–5	1	–20	–18,9	1	—	
Мариуполь	48	1010	Тепл.	26,6	57,8	3,6	31,8	60,7	3,6	11,4	3253
			Холодн.	–9	–5,4	12	–23	–22,2	8	—	
Николаев	48	1010	Тепл.	27,9	58,2	3,2	31	62	3,2	12,5	2904
			Холодн.	–7	–2,9	11	–20	–18,6	10	—	
Одесса	48	1010	Тепл.	25	59	3,3	28,6	62	3,3	8,8	2805
			Холодн.	–6	–1,3	12	–18	–18,3	11	—	
Полтава	48	990	Тепл.	24,5	53,6	4,4	29,4	56,5	4,4	11,5	3721
			Холодн.	–11	–8	6,8	–23	–21,9	6,2	—	
Ровно	52	970	Тепл.	22,6	51,5	1	25,1	55,3	1	10,7	3533
			Холодн.	–9	–5,4	6,8	–21	–19,7	5,1	—	
Севастополь	44	1010	Тепл.	25	60,7	2,3	29,4	64,5	2,3	8,5	2015
			Холодн.	0	–7,1	10,2	–11	–8,4	9	—	
Симферополь	44	970	Тепл.	26,1	59,5	1	31,8	63,2	1	14	2544
			Холодн.	–4	–7,1	1,3	–15	–14	8	—	

Продолжение приложения 2

Город	Расчетная географическая широта, град. с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А			Параметры Б			Среднесуточная амплитуда температуры воздуха, °С	Количество градусо-суток отопит. периода
				Температура, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с	Температура, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Скорость ветра, м/с		
Славянск	48	990	Тепл.	27,1	54,4	1	31,2	58,2	1	13,2	3585
			Холодн.	–10	–6,7	6,8	–23	–24,3	5,2	—	
Сумы	52	990	Тепл.	23,6	50,5	1	28,2	54,7	1	10,7	3997
			Холодн.	–12	–9,2	5,9	–24	–23,7	5,9	—	
Тернополь	48	970	Тепл.	22,1	52,8	1	26,8	57,4	1	11,8	3515
			Холодн.	–9	–5	7,1	–21	–19,7	5,1	—	
Ужгород	48	990	Тепл.	24,2	54,4	1	28,1	58,6	1	11,1	2657
			Холодн.	–6	–1,3	6	–18	–16,3	4,3	—	
Умань	48	990	Тепл.	24,1	53,6	1	28,7	57,8	1	12,7	3572
			Холодн.	–9	–5	7,1	–22	–19,7	5,7	—	
Феодосия	45	1010	Тепл.	26,3	63	1	30,9	67	1	8,2	2174
			Холодн.	–2	1,3	6	–15	–13	6	—	
Харьков	50	990	Тепл.	25,1	52,8	1	29,4	56,1	1	11,6	3799
			Холодн.	–11	–8	6,7	–23	–22,2	6,1	—	
Херсон	48	1010	Тепл.	29	57,8	1	30,6	61,5	1	12,7	2906
			Холодн.	–7	–2,9	9,9	–19	–17,8	8	—	
Хмельницкий	48	970	Тепл.	22,9	54,7	1	27,5	53,9	1	10,9	3553
			Холодн.	–9	–5,4	5,7	–21	–20,1	5,7	—	
Черкассы	50	990	Тепл.	24,5	54,7	1	29,1	58,9	1	11,2	3591
			Холодн.	–9	–5,2	1	–22	–21	1	—	
Чернигов	52	990	Тепл.	23,2	51,5	1	27,8	54,4	1	11	3763
			Холодн.	–10	–6,7	4,2	–23	–21,9	3,8	—	
Черновцы	48	970	Тепл.	23,8	54,7	1	28,4	58,9	1	10,6	3228
			Холодн.	–9	–5,4	5,4	–20	–18,9	5,4	—	
Ялта	44	1010	Тепл.	26,3	61,1	1	30,5	64,5	1	8,4	1613
			Холодн.	–1	8	9	–6	–2,5	8,7	—	

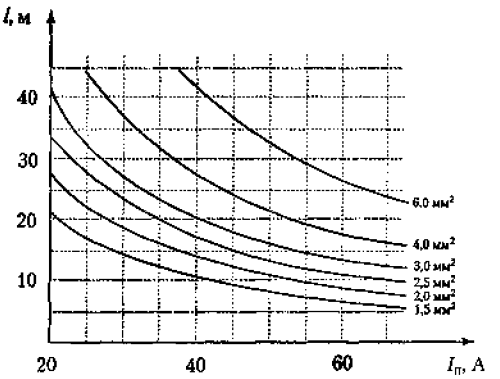
Примечание 1. Для других населенных пунктов расчетные параметры наружного воздуха следует принимать по ближайшему из указанных в таблице городов.

Примечание 2. Количество градусо-суток отопительного периода указано для помещений с температурой +10 °С. Для помещений с другой температурой следует применять коэффициент $k = (t_в - t_{ср.о})$, где $t_{ср.о}$ — средняя температура отопительного периода, °С; $t_в$ — температура воздуха в помещении, °С.

IBIK

Приложение 3

Определение сечения провода электропитания кондиционера в зависимости от пускового тока ($I_п$) и длины магистрали



Приложение 4

Тепло - и влаговыделения в зависимости от температуры воздуха в помещении

Физическая нагрузка людей	Температура воздуха в помещении, °С	Тепловыделение			Влаговыделение, г/м	Выделение CO_2, г/ч
		явное тепло	скрытое тепло	полное количество тепла		
В спокойном состоянии (театры, клубы и т. д.)	10	110	30	140	30	30
	15	90	35	125	40	
	20	70	35	105	45	
	25	50	35	85	50	
	30	30	50	80	75	
	35	10	70	80	120	
При спокойной работе (учреждения, вузы и т. п.)	10	120	30	150	40	35
	15	110	35	135	55	
	20	85	45	130	75	
	25	55	70	125	110	
	30	35	90	125	140	
	35	10	45	125	180	
При легкой физической работе	10	130	30	160	45	40
	15	105	45	150	80	
	20	80	60	140	105	
	25	50	80	130	150	
	30	30	100	130	180	
	35	10	120	130	200	
При работе средней тяжести	10	140	45	185	70	55
	15	115	65	180	110	
	20	90	85	175	140	
	25	60	110	170	185	
	30	35	135	170	230	
	35	10	160	170	280	
При тяжелой физической работе	10	170	80	250	135	70
	15	140	110	250	185	
	20	110	140	250	240	
	25	80	170	250	300	
	30	45	205	250	360	
	35	10	240	250	420	
Детей в возрасте до 12 лет	—	35	15	50	23	18

IBIK

Литература

1. *Ананьев В. А., Балуева Л. Н., Гальперин А. Д. и др.* Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика.— М.: Евроклимат, 2001.— 416 с. 3-е издание.
2. *Бабакин Б. С., Стефанчук В. И., Ковтунов Е. Е.* Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе.— М.: Колос, 2000.— 160 с.: ил.
3. *Бабакин Б. С., Выгодин В. А., Кулагин В. Н.* Диагностика работы малых холодильных компрессоров.— Рязань: Узоречье, 2001.— 302 с.
4. *Бабакин Б. С., Выгодин В. А., Кулагин В. Н.* Оборудование, приборы и технические средства для сервиса холодильных систем.— Рязань. "Узоречье", 2000.— 267 с.
5. *Бабакин Б. С., Выгодин В. А., Кулагин В. Н., Бабакин С. Б.* Диагностика работы дросселирующих устройств малых холодильных установок: Учебное пособие.— Рязань: "Узоречье", 2000.— 136 с.
6. *Бараненко А. В., Калюнов В. С., Румянцев Ю. Д.* Практикум по холодильным установкам.— СПб.: Профессия, 2001.— 272 с.: ил.
7. *Бондарь Е. С., Акинин К. П.* Электромеханическая система с комбинированным электропитанием для регулирования температуры в холодильной камере авторефрижератора. Доклад на международной конференции г. Тчесин, Польша, 1996.
8. *Бондарь Е. С., Кравцевич В. Я.* Современные бытовые электроприборы и машины.— М.: Машиностроение, 1987.— 224 с.: ил.
9. *Бондарь Е. С., Тихонов В. И., Баклан О. В.* Повышение эффективности бытовых холодильников за счет применения многокомпонентных и экологически чистых хладагентов. Доклад на международной конференции г. Братислава, 1984.
10. *Бондарь Е. С., Акинин К. П., Исаков В. Н.* Особенности построения преобразователя частоты для управления асинхронным двигателем компрессора авторефрежиратора // Регулируемые асинхронные двигатели. Сборник научных трудов, посвященный 50-летию Института электродинамики НАН Украины. Киев, 1997.— 5 с.
11. *Брухт С. В.* Сравнение мультизональных систем кондиционирования воздуха.— ООО "ЛУКОЙЛ – Пермнефть", Sbruht@permoil.ru

12. *Журавлев Б. А., Загальский Г. Я. и др.:* Наладка и регулирование систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Справочное пособие / Под редакцией Журавлева.— М.: Стройиздат, 1980.— 488 с.

13. *Коляда В. В.* Кондиционеры. Принципы работы, монтаж, установка, эксплуатация. Рекомендации по ремонту.— М.: СОЛОН-Пресс, 2002.— 240 с.: ил.

14. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров.— М., 1968.— 720 с.: ил.

15. *Кулагин В. Н., Бабакин Б. С., Выгодин В. А.* Диагностика работы приборов охлаждения малых холодильных установок и методы устранения их неисправностей.— М.: МГУПБ, 1999.— 60 с.

16. *Кулагин В. Н., Бабакин Б. С., Выгодин В. А., Коростылев В. Н.* Диагностика работы воздушного конденсатора малых холодильных установок и методы устранения их неисправностей.— М.: МГУПБ, 1999.— 60 с.

17. *Курылев Е. С., Оносовский В. В., Румянцев Ю. Д.* Холодильные установки.— СПб.: Политехника, 1999.— 576 с.: ил.

18. *Котзаогланиан.* Пособие для ремонтника. Практическое руководство по ремонту холодильных установок с конденсаторами воздушного охлаждения.— М.: Изд-во МГУ: ЗАО "ОСТРОВ", 1999.— 340 с.: ил.

19. *Лавренченко Г. К., Волобуєв И. В., Копытин А. В.* Анализ энергоэкологических характеристик агрегатированных холодильных машин.— Холодильная техника.— №3.— 2002

20. *Лэнгли Б.* Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и в холодильных установках.— М.: Евроклимат, 2002.— 220 с.

21. *Мааке В., Эккерт Г.-Ю., Кошпен Ж.-Л.* Польманн. Учебник по холодильной технике.— М.: Изд-во МГУ, 1998.— 1142 с.: ил.

22. *Малкин Л. Ш., Колин В. Л.* Осушка и очистка малых холодильных машин.— М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982.— 152 с.

23. *Орлов К. С.* Монтаж санитарно-технических, вентиляционных систем и оборудования: Учеб. для нач. проф. образования.— 2-е изд.— М.: ИРПО; Изд. Центр "Академия", 1999.— 352 с.

24. *Пеклов А. А., Степанова Т. А.* Кондиционирование воздуха.— К.:Вища школа, Головное изд-во, 1978. 328 с.

25. *Поль Р. В.* Механика, акустика и учение о теплоте.— М.: Наука, Главная редакция физ-мат. литературы, 1971.— 480 с.: ил.

26. *Поляков В. В., Скворцов Л. С.* Насосы и вентиляторы: Учеб. для вузов.— М.: Стройиздат, 1990.— 336 с.: ил.

27. Промышленные фторорганические продукты: Справ. изд/Б. Н. Максимов, В. Г. Баранов, И. Л. Серушкин и др.— Изд. 2-е, пер. и доп.— СПб: Химия, 1996.— 544 с.

28. Справочник по теплоснабжению и вентиляции/ Под ред. Р. В. Щекина. Изд. 4-е.— К.: Будівельник, 1975.— 415 с.

IBIK

29. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х частях /Под ред. И. Г. Староверова. Изд. 3-е, перераб. и доп.— М.: Стройиздат, 1976.— 429 с.
30. *Хейвуд Р. В.* Анализ циклов в технической термодинамике. М.: Мир, 1977.— 87 с.
31. Холодильная техника и технология: Учебник /Под ред. А. В. Руцкого.— М.: ИНФРА-М, 2000.— 286 с.
32. Холодильные машины: Учебник для студентов втузов по специальности "Техника и физика низких температур" / Под общ. ред. Л. С. Тимофеевского.— СПб.: Политехника,1997.— 992 с.: ил.
33. *Чебаевский В. Ф., Вишневский К. П., Накладов Н. Н.* Проектирование насосных станций и испытание насосных установок.— М.: Колос, 2000.— 376 с.
34. *Штокман Е. А. и др.* Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности.— М.: Изд-во АСВ, 2001 — 687 с.
35. *Якобсон В. Б.* Малые холодильные машины.— М.: Пищевая промышленность, 1976.— 368 с.
36. Air conditioning & heat pump machinery handbook.— Mitsubishi Heavy Industries Ltd., 1997—2002.
37. *Zinnet D. T., Smith K. S.* The process desing optimization of a mixed refrigerant cascade plant. Proc. Int. Conf. On Jiguefied Natural Gas. J. Mech. E.— London, May. 1969. P. 267–287.

IBIK