ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Глава 1. Физические основы получения искусственного холода (Гиль И. М.) 7

§ 1. Строение и параметры состояния вещества 7
§ 2. Физическая природа тепла и холода 10
§ 3. Свойства газов и жидкостей 13
§ 4. Изменение агрегатного состояния вещества 15
§ 5. Смеси газов и влажность воздуха 19
§ 6. Основы теплопередачи 20
§ 7. Первый закон термодинамики 24
§ 8. Второй закон термодинамики 24

Глава 2. Основные способы получения холода (Мухин В. Г.) 26

§ 1. Естественное и искусственное охлаждение 26
§ 2. Ледяное и льдосоляное охлаждение 26
§ 3. Охлаждение сухим льдом 28
§ 4. Машинное охлаждение 29
§ 5. Термоэлектрическое охлаждение 40

Глава 3. Холодильные агенты и хладоносители (Мухин В. Г.) 42

§ 1. Фреоны 42
§ 2. Аммиак 44
§ 3. Взаимодействие холодильных агентов со смазочными маслами и водой 45
§ 4. Индикаторы определения утечек холодильных агентов 47
§ 5. Хранение и перевозка холодильных агентов 51
§ 6. Хладоносители 51

Глава 4. Компрессионные холодильные машины (Мухин В. Г.) 55

§ 1. Поршневые компрессоры 55
§ 2. Испарители холодильных машин 99
§ 3. Конденсаторы холодильных машин 107
§ 4. Вспомогательные аппараты, трубопроводы и запорные вентили 114
§ 5. Системы охлаждения 127
§ 6. Материалы для холодильных машин 131

Глава 5. Автоматизация холодильных установок (Канторович В. И.) 136

§ 1. Цель и объем автоматизации 136
§ 2. Основные понятия теории автоматического регулирования 137
§ 3. Свойства объектов регулирования 139
§ 4. Автоматические регуляторы 142
§ 5. Регулирование заполнения испарителей 155
§ 6. Регулирование температуры 168
§ 7. Регулирование давления конденсации 185
§ 8. Автоматическое оттаивание инея с охлаждающих приборов 187
§ 9. Схемы автоматизации холодильных машин 191

Глава 6. Холодильные агрегаты, машины и установки (Гиль И. М.) 204

§ 1. Определения и классификация 204
§ 2. Холодильные машины с агрегатами типа ФАК 206
§ 3. Холодильные машины с агрегатами типа Ф 212
§ 4. Холодильные машины с агрегатами типа АК 214
§ 5. Холодильные машины с бессальниковыми компрессорами 219
§ 6. Агрегаты ВС, ВН и ВП с герметичными компрессорами 228
§ 7. Фреоновые холодильные машины средней холодопроизводительности 236
§ 8. Аммиачные холодильные машины средней холодопроизводительности 251
§ 9. Фреоновые и аммиачные холодильные агрегаты, машины и установки крупной холодопроизводительности 258
§ 10. Низкотемпературные двухступенчатые холодильные агрегаты, машины и установки 266

Глава 7. Холодильные камеры и торговое холодильное оборудование (Гиль И. М.) 282

§ 1. Виды холодильников 282
§ 2. Стационарные холодильные камеры 286
§ 3. Торговое холодильное оборудование 291

Глава 8. Специальное холодильное оборудование (Мухин В. Г.) . 305

§ 1. Льдогенераторы 305
§ 2. Кондиционеры 308
§ 3. Бытовые холодильники 314

Глава 9. Монтаж холодильных установок (Гринников Ю. А.) . . . 326

§ 1. Организация монтажных работ 326
§ 2. Оборудование, приспособления и инструмент для ведения монтажных и пуско-наладочных работ 327
§ 3. Такелажные работы 330
§ 4. Монтаж холодильных установок, поставляемых в собранном виде 333
§ 5. Монтаж фреоновых холодильных установок и машин, поставляемых комплектно отдельными узлами и агрегатами 338
§ 6. Особенности монтажа холодильных машин и установок с рассольной системой охлаждения 351

Глава 10. Техническое обслуживание холодильных установок (Каиторович В. И.) 360

§ 1. Задачи и организация технического обслуживания 360
§ 2. Контрольно-измерительные приборы 361
§ 3. Оптимальные режимы работы установок 371
§ 4. Основные неисправности в работе холодильных установок . . . 376
§ 5. Профилактический осмотр и мелкий ремонт малых фреоновых установок 389
§ 6. Техническое обслуживание установок средней и большой производительности 398

Глава 11. Ремонт холодильных установок (Гринников Ю. А.) . . . 409

§ 1. Организация ремонта холодильного оборудования 410
§ 2. Требования к деталям, применяемым при ремонте, и дефектация деталей 413
§ 3. Ремонт малых фреоновых холодильных установок 414
Порядок демонтажа агрегата и отдельных его узлов 416
Оснащение цеха по ремонту малых фреоновых установок . . . 416
§ 4. Ремонт средних холодильных установок 446
§ 5. Ремонт приборов автоматики 450

Приложения 456

Список использованной литературы 463

ВВЕДЕНИЕ

Охлаждение пищевых продуктов с целью их сохранения было известно людям с незапамятных времен. Еще в древнем Египте хранили воду в глиняных неотожженных сосудах, и, благодаря испарению, вода всегда оставалась холодной. Для сохранения мясных туш первобытные люди использовали горные пещеры со снегом и льдом, а также глубокие ямы — погреба. Уже в XVII в. люди научились применять смесь водного льда и поваренной соли для получения температур ниже 0° С.

Только во второй половине XIX в. появились первые промышленные холодильные машины. Первая установка для замораживания мяса была построена в Австралии в г. Сиднее в 1861 г. Первые крупные холодильники с машинным охлаждением были построены в Бостоне (США) и Лондоне в 1881 г. Вагоны-ледники с ледяным охлаждением впервые появились в США в 1858 г., а первое судно-рефрижератор с машинным охлаждением — в 1876 г.

В России первые холодильные машины начали работать в 1888 г. на рыбных промыслах в Астрахани. В том же 1888 г. появилась первая рефрижераторная баржа на Волге. В 1889 г. были сооружены две машинные холодильные установки на пивоваренном заводе и шоколадной фабрике. Первые железнодорожные перевозки в вагонах-ледниках начались в 1860 г.

В дореволюционной России холодильное хозяйство было отсталым. Но уже после гражданской войны стали восстанавливать и реконструировать старые холодильники и началось строительство новых в портовых городах и промышленных центрах: Ленинграде, Одессе, Севастополе, Новороссийске, Ростове-на-Дону, Баку, Ташкенте, Горьком, Свердловске и других городах.

За годы пятилеток емкость холодильников возросла более чем в 6,5 раза по сравнению с 1917 г. После восста-

новления разрушенного во время Великой Отечественной войны хозяйства продолжался рост и техническое совершенствование холодильной техники и технологии.

В 1950 г. начался выпуск торгового холодильного оборудования — шкафов, прилавков, сборных камер.

В 1950 г. годовой выпуск торгового холодильного оборудования составил 3, в 1960 г. — 53, а в 1970 г. — около 200 тыс. шт.

В Директивах XXIV съезда КПСС по 9 пятилетнему плану на 1971—1975 гг., направленному на новый значительный подъем материального и культурного уровня жизни народа, предусматривается увеличение производства продукции пищевой, мясной, молочной и рыбной промышленности на 33—35%, в том числе мяса на 40—43, цельномолочной продукции на 29 и пищевой рыбной продукции не менее чем на 47%. При этом обращается внимание на повышение качества, расширение ассортимента и улучшение питательной ценности и вкусовых достоинств продуктов питания.

Для сохранения, комплексной переработки и доведения до потребителя возрастающего количества пищевых продуктов предусматривается строительство крупных холодильников емкостью от 3 до 20 тыс. т с автоматизацией работы холодильных установок по поддержанию в камерах и морозилках заданных температур и влажности, а также с механизацией работ по разгрузке, перемещению и погрузке продуктов. Кроме того, намечается заменить значительное количество морально устаревших и изношенных компрессоров и холодильных аппаратов на новые модели, а также автоматизировать работу всех крупных холодильных установок на производственных и распределительных холодильниках, что улучшит режим хранения пищевых продуктов и повысит уровень технической эксплуатации холодильников.

По размеру холодильных емкостей наша страна занимает второе место в мире. В новой пятилетке планируется рост холодильных емкостей в 1,3—1,4 раза, т. е. в 1975 г. они составят около 5,5 млн. т.

Возрастет также выпуск средних и крупных холодильных машин более чем в 2 раза: с 34,5 тыс. шт. в 1970 г. до 74 тыс. шт. в 1975 г.

Еще более быстрыми темпами увеличивается выпуск малых холодильных машин: 100 тыс. шт. в 1965 г.,

200 тыс. шт. — в 1970 г. и 490 тыс. шт. в 1975 г., а также домашних холодильников: 1965 г. — 1,7 млн. шт., 1970 г. — 4,14 млн. шт., 1975 г. — 6,68 млн. шт.

В области холодильного машиностроения предполагается освоить поршневые компрессоры с частотой вращения до 3000 об/мин, винтовые компрессоры, турбокомпрессорные холодильные машины и ротационные многопластинчатые поджимающие компрессоры. Основной задачей является обеспечение высоких технических и эксплуатационных качеств: высокая надежность и долговечность, экономичность в изготовлении и эксплуатации.

В области холодильного транспорта предусматривается выпуск автономных рефрижераторных вагонов и резкое увеличение выпуска авторефрижераторов и изотермических автокузовов, а также охлаждаемых и изотермических контейнеров. В конструкции изотермических автокузовов, железнодорожных рефрижераторов и контейнеров будут учтены новейшие достижения по применению пластических масс и изоляционных материалов.

В области холодильной технологии предусматривается интенсификация процессов охлаждения и замораживания мяса на производственных холодильниках, что приведет к снижению потерь, лучшему сохранению питательной ценности и товарного вида продуктов. Охлаждение и замораживание будут выполняться поточным или конвейерным способом в основном с помощью воздухоохладителей. Предполагается производить замораживание мяса в блоках, фасованного мяса и мясопродуктов — во влагонепроницаемых пакетах при помощи скороморозильных аппаратов с интенсивным движением воздуха. Дальнейшее развитие получит производство быстрозамороженных блюд, полуфабрикатов и гарниров на предприятиях мясной и консервной промышленности, а также на распределительных холодильниках. В качестве упаковки будут применять алюминиевые формочки с крышками, а также герметичные пакеты из синтетической пленки, выдерживающей кипячение.

В дальнейшем, с переходом мясной промышленности а выпуск только упакованных охлажденных и замороженных продуктов, для всех холодильных камер мясокомбинатов и производственных холодильников предусматривается воздушное охлаждение с применением автоматизированных воздухоохладителей.

В настоящее время искусственный холод применяется в следующих отраслях промышленности:

в пищевой промышленности, торговле и общественном питании — стационарные холодильники различной мощности, холодильный транспорт (железнодорожный, водный и автомобильный), торговое холодильное оборудование;

в химической промышленности — охлаждение, сжижение и отделение газов, получение различных синтетических материалов и пр.;

при проходке шахт и туннелей для замораживания водоносных грунтов;

при кондиционировании воздуха на промышленных предприятиях и в местах отдыха (театры, кинотеатры, рестораны, гостиницы, библиотеки и др.);

в металлургии — закалка металлов холодом для повышения твердости и износоустойчивости;

в медицине — операции сердечно-сосудистой системы, внутренних органов и головного мозга, которые выполняются с применением охлаждения, что замедляет окислительно-восстановительные процессы и позволяет без ущерба для самых чувствительных клеток организма производить самые сложные операции в течение длительного времени;

в фармацевтической промышленности — при изготовлении и сохранении в течение длительного времени плазмы крови, различных вакцин и других медицинских препаратов;

в биологии, шелководстве, цветоводстве и пр.

Широкое применение и огромные темпы роста холодильной техники в народном хозяйстве требуют подготовки специалистов. Настоящий учебник предназначен для подготовки слесарей по монтажу, ремонту и техническому обслуживанию холодильных установок.

Глава 1

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ХОЛОДА

§ 1. СТРОЕНИЕ И ПАРАМЕТРЫ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Молекулярное строение вещества. Тела состоят из простых веществ — химических элементов. Наименьшей частицей каждого элемента является атом. Атомы могут соединяться один с другим, образуя молекулы. Молекула — это мельчайшая единица вещества, обладающая свойствами данного вещества. Молекулы находятся в постоянном движении и связаны между собой силами взаимного притяжения и отталкивания. Силы притяжения между молекулами быстро уменьшаются с увеличением расстояния между ними. В твердом теле молекулы располагаются на достаточно близком расстоянии, поэтому силы притяжения между ними очень велики. Этим объясняется тот факт, что твердые тела сохраняют свою форму и объем.

В жидкостях силы притяжения между молекулами менее значительны. Жидкость обладает свойством принимать форму сосуда, в котором она находится. Это свойство жидкостей называется текучестью.

Плотность газообразных тел во много раз меньше плотности твердых и жидких тел. Например, плотность водяного пара при 100° С и атмосферном давлении меньше плотности воды при тех же условиях в 1670 раз. Поэтому молекулы в газах (паре) находятся друг от друга на больших расстояниях, чем в жидкостях и твердых телах, силы взаимного притяжения между молекулами очень малы и газ занимает весь объем сосуда (помещения), где он находится.

Температура тела и ее изменение. Во всех существующих в природе телах происходит постоянное движение

частиц: движутся молекулы, движутся атомы внутри молекул. Хаотическое движение молекул в газах, жидкостях и твердых телах называется тепловым движением. Чем быстрее движутся молекулы, тем более нагретым является тело. Характеристикой степени нагретости является температура тела. Между температурой тела и средней кинетической энергией молекул существует прямо пропорциональная зависимость.

Для измерения температуры пользуются условной единицей — градусом (одна сотая часть разности между температурами кипения и замерзания чистой воды при атмосферном давлении). Температурная шкала, в которой за 0° принята температура таяния льда, а за 100° — температура кипения воды, называется шкалой Цельсия. Температура, измеренная по такой шкале, обозначается °С.

По современным измерениям и расчетам абсолютный нуль лежит при температуре —273,15° С, следовательно, температура таяния льда по абсолютной шкале равна 273,15 К (округленно 273 К). В Международной практической температурной шкале 1968 г. (МПТШ—68) единицей измерения температуры служит кельвин (К), равный по величине градусу Цельсия, а отсчет производится от самой низкой в природе температуры — абсолютного нуля. Очень часто температуру, измеренную по МПТШ—68, называют абсолютной температурой. В дальнейшем абсолютная температура будет обозначена буквой T, а температура по шкале Цельсия — буквой t.

$$T = t + 273{,}15.$$

Кроме шкал МПТШ—68 и Цельсия применяется еще шкала Фаренгейта, по которой начало отсчета (0° F) соответствует —18° С, таяние льда (0° С) соответствует 32° F, а кипение воды 212° F.

Зависимость между температурой по Цельсию и Фаренгейту устанавливается следующим соотношением:

$$t^\circ\,\mathrm{C} = \frac{5}{9}\,(t^\circ F - 32).$$

Давление и его измерение. В результате теплового движения молекул газ (или жидкость) давит на стенки сосуда, в котором он находится. Силу, действующую со стороны

газа (или жидкости) на единицу поверхности стенки, называют давлением.

За единицу давления паскаль (Па) принимают такое давление, при котором на 1 м² поверхности (S) действует сила в 1 ньютон (F).

$$p = \frac{F}{S}; \quad 1\,\text{Па} = 1\ \text{Н/м}^2.$$

Эта единица очень мала, поэтому на практике широко применяются и другие единицы давления: мегапаскаль МПа (10^6Па) и килопаскаль кПа (10^3Па), а также внесистемные единицы — техническая атмосфера, 1 кгс/см²; физическая атмосфера — 760 мм рт. ст. и бар.

Соотношение между единицами давления:

1 кгс/см²=1 ат=0,98·10^5 Па; 1 мм рт. ст=133,3 Па;
1 мм вод. ст.=9,8 Па; 1 бар=10^5 Па≈1 ат.

За нормальное атмосферное давление (физическую атмосферу) принимают давление окружающего нас воздуха, которое составляет в среднем 760 мм рт. ст. Действительное атмосферное давление может быть и выше и ниже физической атмосферы. Для измерения атмосферного давления могут применяться ртутный чашечный барометр и анероид. В тех случаях, когда давление в системе меньше атмосферного, говорят, что система находится под разрежением (вакуумом). Вакуум измеряется в миллиметрах ртутного столба и показывает, насколько давление в сосуде меньше атмосферного.

Для измерения давления и разрежения (вакуума) пользуются манометрами, мановакумметрами и вакуумметрами. В технике чаще всего применяют деформационные трубчато-пружинные или мембранные манометры и вакуумметры. В этих приборах давление измеряется по деформации упругого чувствительного элемента — трубчатой пружины или мембраны.

Давление, определяемое по манометру, называется манометрическим или избыточным, так как манометр показывает, на сколько измеряемое давление в сосуде больше атмосферного. Абсолютное давление в сосуде равно сумме давлений по манометру и атмосферному:

$$p_{\text{абс}} = p_{\text{изб}} + p_{\text{атм}}.$$

§ 2. ФИЗИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ТЕПЛА И ХОЛОДА

Внутренняя энергия тел. Молекулы газообразных тел движутся поступательно в различных направлениях и с различными скоростями. Молекулы жидкостей колеблются, вращаются и поступательно перемещаются одна относительно другой. В твердых телах молекулы колеблются в кристаллических решетках около своих средних положений. Как и все движущиеся тела, движущиеся молекулы обладают кинетической энергией. Молекулы обладают также потенциальной энергией, зависящей от их взаимного расположения.

Кинетическая и потенциальная энергия молекул составляют внутреннюю энергию тела. Внутренняя энергия одного и того же тела может изменяться. Например, при нагревании (повышении температуры) внутренняя энергия тела повышается, так как увеличивается кинетическая энергия движения молекул этого тела. При понижении температуры внутренняя энергия тела уменьшается.

Внутренняя энергия тел изменяется также при переходе вещества из одного агрегатного состояния в другое (например, из твердого в жидкое или из жидкого в газообразное). В этих случаях меняется взаимное расположение молекул, а следовательно, и их потенциальная энергия.

Если привести в соприкосновение два тела, то атомы и молекулы этих тел, сталкиваясь между собой, передают друг другу энергию. При этом энергия передается от более нагретого тела к менее нагретому, т. е. от тела с большей средней кинетической энергией молекул к телу с меньшей средней кинетической энергией молекул.

Меру изменения внутренней энергии, перешедшей от одного тела к другому, называют количеством теплоты.

За единицу энергии приняты 1 джоуль (Дж) и 1 калория (кал).

Джоуль — количество теплоты, эквивалентное механической работе 1 Дж.

Между Дж и кал существует следующее соотношение:

$$1 \text{ кал} = 4{,}2 \text{ Дж}.$$

Удельной внутренней энергией называется внутренняя энергия единицы массы вещества (1 кг), она обозначается буквой $u_м$, измеряется в Дж/кг.

Работа и мощность. За единицу работы принят джоуль (Дж) — работа силы 1Н при перемещении ею тела на расстояние 1 м в направлении действия силы.

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}.$$

Ньютон (Н) — сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с^2 в направлении действия силы.

Затраченную работу определяют по формуле

$$L = F S,$$

где L — работа, Дж;
F — сила, Н;
S — расстояние, м

Мощностью называется работа в единицу времени.

$$N = \frac{L}{t},$$

где N — мощность, Вт;
L — работа, Дж;
t — время, с.

$$1 \text{ Вт} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{с}}; \quad 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт} = 1 \text{ кДж/с}.$$

Работа, совершаемая электрическим током, измеряется также в киловатт-часах (кВт·ч). 1 кВт·ч — это работа потребителя электрического тока мощностью 1 кВт в течение 1 ч.

Принцип эквивалентности теплоты и работы. Внутренняя энергия тела может изменяться как путем теплопередачи (нагревание или охлаждение), так и путем совершения работы. По закону сохранения энергии, открытому М. В. Ломоносовым, теплота и работа эквивалентны друг другу и могут переходить одна в другую. Впервые опытные определения соотношения между механической работой и внутренней энергией тела были осуществлены английским физиком Джоулем в период с 1840 по 1849 г.

Количество механической работы, равное 1 Н·м, вызывает такое же изменение внутренней энергии тела, как и сообщение ему единицы количества теплоты в 1 Дж.

С точки зрения кинетической теории газов эквивалентность теплоты и работы очевидна, поскольку согласно этой теории теплота материального тела представляет собой механическую энергию (кинетическую и потенциальную) движущихся молекул. Эквивалентность тепловой и механической энергии является частным случаем общего закона

сохранения энергии, по которому энергия не может быть ни создана, ни уничтожена, а только преобразована из одного вида в другой.

Работа L, как и теплота Q, измеряется в джоулях (Дж) и килоджоулях (кДж).

Теплоемкость тела и удельная теплоемкость вещества. Количество теплоты, которое требуется для нагревания какого-либо тела на 1К, называется теплоемкостью тела, она измеряется в Дж/К.

Удельной теплоемкостью называется количество тепла, необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1К. Удельная теплоемкость обозначается буквой c и измеряется в Дж/(кг · К).

Удельная теплоемкость некоторых веществ представлена в табл. 1.

Таблица 1

Вещество	Удельная теплоемкость при 20°С	
	кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Медь	0,38	0,09
Сталь	0,46	0,11
Стекло	0,8	0,19
Кирпич	0,92	0,22
Алюминий	0,92	0,22
Воздух	1,0	0,24
Сыр, масло	2,1÷2,5	0,5÷0,6
Сметана	3,02	0,72
Мясо, рыба	2,9÷3,36	0,7÷0,8
Яйца	3,36	0,8
Молоко, соки, пиво	3,95	0,94
Плоды, овощи	3,44÷3,95	0,82÷0,94
Вода	4,2	1,0

Для нагревания тела массой M от температуры t_1 до температуры t_2 необходимо количество тепла, определяемое по формуле

$$Q = Mc(t_2 - t_1),$$

где Q — количество тепла, необходимое для нагревания, Дж;
M — масса тела, кг;
c — удельная теплоемкость, Дж/(кг · К);
t_2 — конечная температура тела, К;
t_1 — начальная температура тела, К.

Количество теплоты, поглощенной телом при нагревании или выделенной при охлаждении, равно произведению удельной теплоемкости вещества на массу тела и на разность конечной и начальной температур.

§ 3. СВОЙСТВА ГАЗОВ И ЖИДКОСТЕЙ

Газы не имеют формы и занимают весь объем, в котором находятся. Распределение молекул газа происходит очень быстро, так как молекулярное сцепление в них почти отсутствует и скорость молекул любого газа огромна.

Состояние, в котором находится газ, определяется его объемом, давлением и температурой. С изменением этих величин изменяется и состояние газа.

Зависимость между объемом и давлением газа. Зависимость между объемом и давлением для одной и той же массы газа при одной постоянной температуре (T=const) была открыта английским ученым Бойлем в 1662 г. и французским ученым Мариоттом в 1676 г. и носит название закона Бойля — Мариотта: для данной массы газа при постоянной температуре объем газа изменяется обратно пропорционально давлению

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1},$$

где V_1 — объем газа при давлении p_1;
V_2 — объем газа при давлении p_2.

Для данной массы газа при постоянной температуре произведение давления на объем есть величина постоянная

$$p_1V_1 = p_2V_2 = p_3V_4 = \text{const}.$$

Процесс, протекающий при постоянной температуре, называется изотермическим (от греческих слов «изос» — равный, «термос» — теплый).

Зависимость между объемом и температурой газа. При повышении температуры газа увеличивается скорость движения молекул, что ведет к возрастанию их кинетической энергии. В результате увеличения скорости молекул их удары о стенки сосуда становятся сильнее и чаще, что увеличивает давление.

Если объем газа в сосуде может свободно изменяться при его нагревании, то газ расширится и займет объем,

при котором его давление станет равным внешнему давлению.

Для данной массы газа при постоянном давлении объем газа изменяется прямо пропорционально абсолютной температуре

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

где V_1 — объем газа при температуре T_1;
V_2 — объем газа при температуре T_2.

Процесс, протекающий при постоянном давлении газа, называется изобарическим.

Зависимость между давлением и температурой газа. Если заключить газ в закрытый сосуд и нагреть его от 0° С до t ° С, то объем газа будет оставаться неизменным (расширением сосуда пренебречь), а давление будет увеличиваться.

Зависимость между давлением и температурой газа при постоянном объеме устанавливается законом Шарля, открытым в 1787 г. Абсолютное давление газа при постоянном объеме прямо пропорционально его абсолютной температуре

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2},$$

где p_1 и p_2 — начальное и конечное абсолютное давление, Па;
T_1 и T_2 — начальная и конечная температура, К.

Процесс, протекающий при постоянном объеме газа, называется изохорическим («изос» — равный, «хорема» — вместительность).

Пример: Замкнутую систему холодильной установки для проверки на прочность, наполнили воздухом давлением $13 \cdot 10^5$ Па. При нагнетании в систему температура воздуха повысилась до 48° С. Через 6 ч теплый воздух в системе остынет и примет комнатную температуру, равную 18° С. Какое давление установится в системе?

$$T_1 = 273 + t_1 = 321 \text{ К},$$

$$T_2 = 273 + t_2 = 291 \text{ К},$$

$$p_2 = p_1 \frac{T_2}{T_1} = 13 \cdot 10^5 \text{ Па} \frac{291}{321} \approx 12 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Свойства жидкостей. Из многих свойств жидкостей для холодильной техники имеют основное значение свойства

текучести, несжимаемости, смачиваемости и капиллярности.

В результате текучести жидкость принимает форму того сосуда, в котором она находится.

Жидкости практически не сжимаются, т. е. при увеличении давления их объем остается близким к первоначальному.

При соприкосновении жидкостей с твердыми телами наблюдается явление смачивания или несмачивания, например вода смачивает чистое стекло, но не смачивает парафин. Смачивание жидкостью твердых тел происходит тогда, когда сцепление между молекулами твердого тела и жидкостью больше, чем сцепление между молекулами жидкости.

Капиллярность — это распространение жидкости по пористым телам. Например, поднятие керосина по фитилю в лампе, поднятие влаги по капиллярам на поверхность почвы и т. д.

§ 4. ИЗМЕНЕНИЕ АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Каждое вещество может находиться в одном из трех агрегатных состояний: твердом, жидком или газообразном. Изменение агрегатного состояния происходит вследствие изменения внутренней энергии тел, например в результате нагревания (охлаждения).

Наглядно это можно проследить на примере воды. При нагревании льда, его температура повышается пока не достигнет температуры 0° С. Дальнейший нагрев ведет к плавлению льда.

Температура плавления при нормальном давлении называется точкой плавления. Для льда точка плавления равна 0° С.

Для каждого твердого тела существует своя постоянная точка плавления.

Плавлением называется процесс перехода вещества из твердого состояния в жидкое при сообщении ему теплоты.

Обратный процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое при отдаче теплоты называется затвердеванием.

Количество тепловой энергии, необходимой для превращения 1 кг твердого вещества, имеющего температуру

плавления, в жидкость, называется удельной теплотой плавления. Удельную теплоту плавления называют еще скрытой теплотой плавления, так как при плавлении вещества температура его не повышается, а все затраченное тепло расходуется на преодоление сил сцепления между частицами твердого тела. Измеряется теплота плавления в Дж/кг.

Кипение и конденсация при постоянном давлении. При нагревании воды температура ее повышается и достигает точки кипения, равной 100° С (при атмосферном давлении). Дальнейшее нагревание воды приводит к ее кипению.

Кипением называется процесс парообразования по всему объему жидкости, протекающей с поглощением определенного количества теплоты; температура кипения зависит от давления паров над жидкостью и при постоянном давлении неизменна.

Удельной теплотой парообразования называется количество тепла, необходимое для превращения 1 кг жидкости, взятой при температуре кипения, в пар. Удельную теплоту парообразования называют еще скрытой теплотой парообразования, так как во время кипения жидкости при постоянном давлении температура не изменяется.

Температура кипения и теплота парообразования различных жидкостей при атмосферном давлении представлены в табл. 2.

Таблица 2

Жидкость	Температура кипения, °С	Удельная теплота парообразования	
		кДж/кг	ккал/кг
Вода	100	2258	539
Ртуть	357,5	285	68
Спирт	79	857	204
Бензин	170	400	95
Фреон-12	—29,8	168	40
Аммиак	—33,4	1378	328
Углекислота	—78,5	575	137
Кислород	—183	213	51
Азот	—196	199	47,7
Гелий	—269	25	6

При уменьшении давления температура кипения жидкостей понижается, так как для отрыва молекул пара от жидкости требуется меньшая внутренняя энергия. Таким образом, снижая давление пара над жидкостью, можно заставить жидкость кипеть при самых низких температурах (до точки замерзания).

Жидкости с низкой температурой кипения при атмосферном давлении могут использоваться для получения холодильного эффекта. При кипении жидкость отбирает тепло от окружающей среды в количестве, равном произведению теплоты парообразования на количество жидкости. Удельная теплота парообразования уменьшается с повышением температуры жидкости (табл. 3).

Таблица 3

Температура, °С	Удельная теплота парообразования, кДж/кг			Температура, °С	Удельная теплота парообразования, кДж/кг		
	воды	фреона-12	аммиака		воды	фреона-12	аммиака
—60	—	180	1441	20	2439	147	1190
—50	—	176	1416	30	2409	138	1148
—30	—	168	1374	50	2380	126	1052
—10	—	160	1299	100	2258	—	—
0	2501	155	1265	150	2120	—	—
10	2468	151	1228				

Конденсацией называется процесс превращения насыщенного пара в жидкость. Температура конденсации, как и температура кипения, зависит от давления. При одинаковом давлении температура кипения и температура конденсации равны. Для конденсации насыщенных паров необходимо отвести в окружающую среду теплоту конденсации, равную теплоте парообразования. Для того чтобы сконденсировать перегретые пары, их необходимо охладить до температуры конденсации, после чего дальнейший отвод тепла в размере теплоты парообразования приводит к конденсации.

Во время кипения и при конденсации над поверхностью жидкости находится насыщенный пар. Плотность и давление его в присутствии жидкости не изменяются при изме-

нении объема, занимаемого насыщенным паром, при условии, что температура жидкости и пара остается неизменной. Насыщенный пар всегда находится в динамическом равновесии с жидкостью.

Давление насыщенного пара для каждой жидкости изменяется только с изменением температуры: чем выше температура, тем больше давление.

Перегретый пар образуется при нагреве насыщенного пара, не содержащего жидкости. Температура перегретого пара выше температуры выкипевшей жидкости и насыщенного пара.

Энтальпия. Энтальпия (теплосодержание) является функцией состояния тел и определяется по формуле

$$i = u + pv \text{ Дж/кг},$$

где p — давление, Па;
v — удельный объем, м³/кг.
u — удельная внутренняя энергия, Дж/кг.

Энтальпия однозначно определяется по любым двум из трех параметров состояния вещества — температуре, давлению и удельному объему и может быть найдена по справочным таблицам.

Физический смысл энтальпии заключается в том, что в процессах с постоянным давлением (изобарических) изменение энтальпии численно равно количеству теплоты, которым тело обменялось с окружающей средой. Поскольку многие процессы холодильных машин являются изобарическими, понятие энтальпии широко используется в практических расчетах.

Сублимация. Сублимацией называется процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкое. В обычных условиях сублимируют немногие вещества (например, сухой лед - твердая углекислота, нафталин, йод, камфара). Механизм процесса сублимации состоит в вылете за пределы твердого вещества наиболее «быстрых» частиц, кинетическая энергия которых обеспечивает преодоление сил притяжения остальных частиц твердого вещества.

Удельная теплота сублимации или количество тепла, которое нужно подвести к единице массы сублимирующего вещества для перевода его в пар, равна сумме удельной теплоты плавления и парообразования данного вещества.

§ 5. СМЕСИ ГАЗОВ И ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Общие свойства смеси газов. При изучении и эксплуатации холодильных установок приходится рассматривать процессы, происходящие со смесями газов (смеси холодильных агентов, смесь холодильного агента с воздухом и т. п.). В смеси газов, если они не вступают в химическую реакцию, каждый газ ведет себя независимо от других составляющих: занимает весь объем сосуда и оказывает парциальное давление на стенки сосуда. Парциальным давлением газа в смеси называется давление, которое оказывал бы этот газ на стенки сосуда при отсутствии всех остальных составляющих смеси.

Согласно закону Дальтона (1807 г.) полное давление смеси равно сумме парциальных давлений газов, входящих в смесь. Закон Дальтона можно объяснить тем, что расстояния между молекулами вещества в газообразном состоянии очень велики и поэтому в «пустотах» могут располагаться другие молекулы газообразного вещества. Давление на стенки сосуда обусловлено ударами частиц каждого вещества. Так, давление влажного воздуха равно сумме давлений всех составляющих газов атмосферного воздуха и водяных паров.

Влажность воздуха. Испарение воды с поверхности водоемов и растительных покровов приводит к тому, что в атмосферном воздухе всегда содержатся водяные пары.

Количество водяного пара (в граммах), содержащееся в 1 $м^3$ воздуха, называется абсолютной влажностью воздуха. В метеорологии абсолютная влажность определяется парциальным давлением (в миллиметрах ртутного столба) водяного пара, содержащегося в воздухе. Для суждения о степени влажности воздуха нужно знать, насколько близок он к состоянию насыщения. Для этого вводят понятие относительной влажности.

Относительной влажностью воздуха называется отношение абсолютной влажности к тому количеству пара, которое необходимо для насыщения 1 $м^3$ воздуха при данной температуре.

Относительная влажность φ определяется как отношение

$$\varphi = \frac{D}{D_0} \cdot 100\%,$$

где D — абсолютная влажность, г;
D_0 — количество пара, нужное для насыщения при данной температуре, г.

Относительная влажность также может быть определена как отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе, к парциальному давлению водяного пара, насыщающего воздух при той же температуре.

Температура, при которой водяные пары, содержащиеся в воздухе, насыщают его, называется точкой росы.

Для определения влажности воздуха применяются гигрометр, а для ее автоматической записи — гигрограф.

В качестве чувствительного элемента в этих приборах применяется обезжиренный человеческий волос, который при увеличении влажности удлиняется, а при уменьшении укорачивается.

Для точного измерения относительной влажности воздуха применяется психрометр Августа, состоящий из двух одинаковых термометров. Шарик одного термометра обернут марлей, конец которой смачивается водой. Второй термометр сухой и показывает температуру помещения. Если воздух насыщен водяными парами, то оба термометра показывают одинаковую температуру. Если воздух не насыщен, то влага из марли испаряется, шарик охлаждается и влажный термометр показывает более низкую температуру.

Разность между показаниями сухого и влажного термометров называется психрометрической разностью.

Чем больше эта разность, тем воздух суше, и, наоборот, чем она меньше, тем больше относительная влажность воздуха.

При определении влажности по разности температур сухого и влажного термометров пользуются специальной таблицей, прилагаемой к прибору.

§ 6. ОСНОВЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Классификация видов теплообмена. Передача внутренней энергии в виде теплоты от одних тел к другим или от одних молекул к другим молекулам того же тела называ-

ется теплопередачей. Теплопередача происходит всегда от тел более нагретых к менее нагретым. Существуют три способа передачи тепла — теплопроводность, конвекция и лучеиспускание.

Теплопроводность. В твердых телах передача тепла происходит без механического перемещения частиц вещества за счет передачи кинетической энергии соседним молекулам и называется теплопроводностью. В процессе теплопроводности тепловая энергия молекул более нагретого участка вещества передается соседним, более холодным, например при нагревании одного конца куска медной проволоки над пламенем спиртовки.

Различные вещества проводят тепло неодинаково. Коэффициентом теплопроводности называется количество тепла (Дж), проходящее через проводник длиной в 1 м с поперечным сечением 1 м^2 за единицу времени при разности температур на концах проводника 1° С.

Коэффициент теплопроводности λ имеет размерность Вт/(м·К) или ккал/(м·ч·° С). Значения коэффициента теплопроводности для некоторых материалов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Материалы	Коэффициент теплопроводности	
	Вт/(м·К)	ккал/(м·ч·°С)
Серебро	418,7	360
Медь	336,4	315
Алюминий	203,5	175
Железо	52,5	45
Кирпич	0,83	0,7
Дерево	0,14—0,23	0,12—0,2
Торфоплиты	0,07—0,08	0,06—0,07
Пенопласт	0,05—0,07	0,04—0,06
Воздух (в покое)	0,023	0,02

Конвекция естественная и принудительная. Передача тепловой энергии от нагретых слоев к холодным в жидкостях и газах происходит в результате конвекции, т. е. в результате перемещения частиц вещества в объеме. Это происходит потому, что холодный газ или жидкость тяжелее теплого. Нагретые слои всегда выталкиваются вверх, а их место занимают холодные. Учитывая процесс конвекции, отопительные батареи устанавливают в низу помещения, а охлаждающие батареи холодильников — в верхней части.

Передача тепла в жидкостях и газах путем естественного перемещения холодных слоев вниз, а теплых — вверх называется естественной конвекцией. При естественной конвекции перемещение газов происходит с небольшой скоростью, поэтому нагрев (охлаждение) помещения (холодильника) происходит медленно и наблюдается значительный перепад температур по высоте.

В холодильной технике часто применяется принудительная конвекция, т. е. вынужденное движение газа или жидкости, обусловленное работой вентилятора, компрессора или насоса. Принудительная конвекция позволяет значительно повысить интенсивность теплопередачи. Например, с помощью обдува охлаждающих батарей холодильные камеры можно охлаждать в несколько раз быстрее, чем при естественной конвекции и снизить перепад температур по высоте до 1—2° С.

Лучеиспускание. Один из способов теплообмена — это лучеиспускание, или излучение. Все тела излучают тепло в основном в виде инфракрасных (невидимых) лучей. Чем больше тело нагрето, тем больше лучистой энергии оно излучает. Лучистая энергия может передаваться на огромные расстояния (Солнце — Земля и т. д.). Лучепоглощение различных тел зависит от окраски и состояния их поверхности. Темные поверхности поглощают почти всю лучистую энергию, которая на них падает, и при этом нагреваются, белые — почти полностью отражают, прозрачные пропускают через себя почти не нагреваясь.

Теплоотдача и теплопередача. Теплоотдача — это передача тепла от поверхности тела к окружающей среде. Она зависит главным образом от вида среды. Например, нагретый брусок стали очень быстро охлаждается в воде, медленнее в масле и еще медленнее на воздухе, даже если

температура воды, масла и воздуха была одинаковой.

Теплопередача — это передача тепла от одной среды к другой через разделяющую стенку. Количество проходящего через стенку тепла в единицу времени зависит от площади поверхности, толщины и коэффициента теплопроводности материала стенки, а также скорости движения и теплофизических свойств сред с обеих сторон стенки и разности температур. Все эти факторы учитываются при расчете коэффициентом теплопередачи k, размерность которого Вт/(м^2·К).

Например, наружная кирпичная стенка толщиной 50 см (в 2 кирпича) имеет k=1,4 Вт/(м^2·К), если же добавить теплоизоляцию минеральной пробкой толщиной 15 см, то k=0,46 Вт/(м^2·К).

Коэффициент теплопередачи k для плоских многослойных стен рассчитывается по формуле

$$k=\frac{1}{\frac{1}{\alpha_1}+\frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}+\frac{\delta_1}{\lambda_1}+\cdots+\frac{\delta_п}{\lambda_п}+\frac{1}{\alpha_2}}$$

где α_1 и α_2 — коэффициенты теплоотдачи от воздуха к наружной поверхности ограждения и от внутренней поверхности ограждения к воздуху камеры, Вт/(м^2·К);

$\delta_{из}, \delta_1, \ldots, \delta_п$ — толщина слоя изоляционного материала и других строительных материалов конструкции ограждения, м;

$\lambda_{из}, \lambda_1, \ldots, \lambda_п$ — коэффициенты теплопроводности основного изоляционного материала и других строительных материалов конструкции ограждения, Вт/(м·К).

Толщина и тип теплоизоляции подбираются с таким расчетом, чтобы коэффициент теплопередачи k не превышал для стационарных холодильных камер 0,45—0,5, а для торгового холодильного оборудования (шкафов, прилавков, сборных камер) — 0,7 Вт/(м^2·К).

Зная величину коэффициента теплопередачи, можно рассчитать и количество тепла Q, передаваемое через ограждения, по следующей формуле:

$$Q=Fk(t_2-t_1),\ \text{Вт},$$

где F — площадь ограждения, м^2;

t_2-t_1 — температурный напор, т. е. разность температур с обеих сторон стенки, К или °С.

§ 7. ПЕРВЫЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Термодинамика (происходит от греческих слов *therme* — теплота и *dinamis* — сила) — это наука о превращениях различных видов энергии. Техническая термодинамика рассматривает закономерности взаимного превращения тепла в работу и работы в тепло, устанавливает взаимосвязь между тепловыми, механическими и химическими процессами, которые совершаются в тепловых и холодильных машинах.

Из закона сохранения энергии известно, что невозможно построить двигатель, который производил бы работу, не получая энергии от внешних источников. Первый закон термодинамики является частным случаем общего закона сохранения и превращения энергии. Он может быть сформулирован следующим образом; при тепловых процессах невозможно возникновение или уничтожение энергии, или, другими словами, подведенная к рабочему телу тепловая энергия (Q) расходуется на изменение внутренней энергии тела и на совершение телом внешней работы (L), т. е. $Q=U+L$.

В частном случае, когда тело не производит внешней работы, подведенная теплота идет полностью на повышение внутренней энергии тела; т. е. $Q=U$. Если вся подведенная теплота Q_1 будет израсходована на совершение внешней работы L, то внутренняя энергия тела остается без изменения.

§ 8. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

Из опыта мы знаем, что в природе происходят процессы теплопередачи от более нагретых тел к менее нагретым. При этом тело более нагретое — охлаждается, а менее нагретое — нагревается.

Этот процесс протекает самопроизвольно до тех пор, пока температуры (т. е. средние скорости движения молекул) обоих тел не сравняются, после чего наступает тепловое динамическое равновесие.

Согласно второму закону термодинамики для того, чтобы передать тепло от холодного тела более теплому, необходимо затратить энергию.

Немецкий ученый Клаузиус, открывший второй закон

термодинамики, дал следующую формулировку: теплота никогда не может переходить сама собой от тел с более низкой температурой к телам с более высокой температурой. Для того чтобы отнять тепло от более холодного тела (т. е. охладить его еще больше) и передать его теплоту, необходимо затратить энергию. Для выполнения этого применяются холодильные машины. Все холодильные машины работают по следующей схеме (рис. 1). К охлаждаемому объекту из окружающей среды непрерывно подходит тепло $Q_т$. Чтобы температура охлаждаемого объекта не повышалась, холодильная машина должна непрерывно отводить от объекта тепло $Q_о = Q_т$. Если $Q_о$ больше теплопритоков $Q_т$, то температура в объекте будет понижаться. Холодильная машина имеет холодную и теплую части. Температура холодной части машины на 10—15° С ниже температуры охлаждаемого объекта, поэтому холодная часть служит для охлаждения объекта. Так как тепло от более нагретого передается менее нагретому само собой, тепло от охлаждаемого объекта передается холодной части машины. Для возврата тепла $Q_о$ в окружающую среду в холодильной машине затрачивается работа L. Эта работа, преобразованная в тепло вместе с отведенным теплом $Q_о$, которое называют полезной холодопроизводительностью машины, передается теплой части машины, температура которой на 10—15° С выше температуры окружающей среды. Поэтому тепло от теплой части машины самотеком передается окружающей среде.

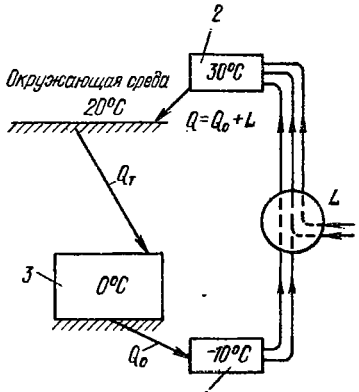


Рис. 1. Принцип работы холодильной машины:

1 — холодная часть машины; *2* — теплая часть машины; *3* — охлаждаемый объект; L — затрачиваемая энергия; $Q_о$ — тепло, отводимое от охлаждаемого объекта (полезная холодопроизводительность); Q — тепло, отдаваемое машиной в окружающую среду; $Q_т$ — теплоприток в охлаждаемый объект.

Холодопроизводительность машины измеряют в ваттах или в ккал/ч. 1 Вт=0,86 ккал/ч; 1 кВт=860 ккал/ч.

Глава 2

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХОЛОДА

§ 1. ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Охлаждением называется понижение температуры физического тела в процессе отнятия тепла или совершения работы. Охлаждение тела в процессе теплообмена осуществляется, как правило, с участием двух тел — охлаждаемого и охлаждающего.

Охлаждение бывает естественным и искусственным. Естественное охлаждение происходит в результате теплообмена охлаждаемого тела с окружающей средой (атмосферным холодным воздухом, водой или почвой), если температура среды ниже температуры охлаждаемого тела. Естественное охлаждение—это наиболее простой и доступный способ понижения температуры, не требующий затраты энергии. Предельной температурой при естественном охлаждении является температура окружающей среды, ниже которой, согласно второму закону термодинамики, охлаждение других тел без затраты энергии невозможно.

Охлаждение тел ниже температуры окружающей среды называется искусственным. Искусственное охлаждение осуществляется с затратой энергии с помощью холодильных машин или холодильных устройств, принцип действия которых основан на использовании физических процессов — парообразования, расширения газов, пропускания электрического тока через спай двух металлов или полупроводников и пр.

§ 2. ЛЕДЯНОЕ И ЛЬДОСОЛЯНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Ледяное охлаждение. Охлаждение с использованием чистого водного льда или твердой углекислоты (сухого льда) называется ледяным. Наиболее распространенным телом, сохраняющим естественный холод, является водный лед, который может быть использован в качестве охлаждающей среды в естественном виде (ледяное охлаждение, предельная температура 0° С).

Ледяное охлаждение сопровождается изменением агрегатного состояния льда — его плавлением (таянием). Охлаждающая способность чистого водного льда определяется удельной теплотой его плавления, равной 335 кДж/кг (80 ккал/кг). Предельной температурой охлаждения явля-

ется температура таяния льда при атмосферном давлении, равная 0° С. Теплоемкость льда равна 2,1 кДж/(кг·К) или 0,5 ккал/(кг·° С).

При ледяном охлаждении преимущественно используется естественный лед, а также искусственный лед, получаемый на специальных льдозаводах с помощью холодильных машин. Физические свойства естественного и искусственного льда одинаковы.

Водный лед широко применяется для охлаждения и сезонного хранения продовольственных товаров, овощей, фруктов, главным образом в северной и средней климатических зонах нашей страны. Лед применяют также в медицине, при транспортировке охлажденных скоропортящихся продовольственных товаров, когда требуется временное потребление холода, а также при необходимости одновременного охлаждения и увлажнения воздуха. Для охлаждения и хранения продовольственных товаров строят специальные сооружения — ледники и ледяные склады, где товары охлаждаются и хранятся либо при непосредственном контакте со льдом (например, рыба, замороженные фрукты), либо при циркуляции охлажденного воздуха или воды.

Недостатки ледяного охлаждения следующие:

температура хранения ограничена температурой таяния льда (в ледяных складах она составляет 3—8° С);

необходимость закладывать в ледник для непрерывного охлаждения значительное количество льда, достаточное на весь период хранения, и добавление в ледник свежего льда из льдохранилищ;

большие затраты труда для заготовки водного льда;

большие площади для льда, превышающие примерно в 3—5 раз объем помещения для продуктов.

При машинном охлаждении эти недостатки устраняются.

Льдосоляное охлаждение. Охлаждение с применением смеси дробленого водного льда и соли называется льдосоляным. Физической основой льдосоляного охлаждения является совместный процесс таяния льда и растворения соли, сопровождаемый поглощением тепла окружающей среды. Соль, находящаяся в смеси, растворяется в воде, образуя соляной раствор, который обволакивает поверхность кусков льда и кристаллов соли и охлаждается за счет теплоты растворения. Температура смеси опускается ниже температуры таяния чистого льда.

Температура таяния льдосоляной смеси и ее охлаждающий эффект, т. е. холодопроизводительность, зависят от количества и сорта соли, находящейся в смеси. При использовании технической поваренной соли (NaCl) температура охлаждения может достигнуть — 16÷—18° С, при использовании хлористого кальция ($CaCl_2$) — более низких температур (—46÷—48° С). С повышением содержания соли в льдосоляной смеси температура ее плавления и равная ей температура замерзания раствора соответствующей концентрации понижается. Раствор соли с наинизшей температурой замерзания называется эвтектическим, а температура замерзания эвтектического раствора, называется криогидратной температурой или криогидратной точкой.

Криогидратная температура смеси из соли NaCl при концентрации 22,4% равна — 21,2° С. Криогидратная температура раствора соли $CaCl_2$ равна —55° С при концентрации 29,9%. Температура таяния и холодопроизводительность льдосоляной смеси NaCl приведены в табл. 5.

Таблица 5

Количество соли к массе льда, %	Температура смеси льда и соли, °С	Холодопроизводительность смеси		Количество соли к массе льда, %	Температура смеси льда и соли, °С	Холодопроизводительность смеси	
		кДж/кг	ккал/кг			кДж/кг	ккал/кг
5	—3,1	314	75	20	—13,7	239	57
10	—6,2	285	68	25	—17,8	214	51
15	—9,9	260	62	30	—21,2	193	46

Льдосоляное охлаждение применяется в небольших стационарных холодильниках емкостью 1—5 т на предприятиях мясной, молочной промышленности, рыбоперерабатывающих заводах, в изотермических вагонах железнодорожного транспорта и в малых холодильниках торговых предприятий, где еще отсутствует машинное охлаждение.

§ 3. ОХЛАЖДЕНИЕ СУХИМ ЛЬДОМ

Охлаждение сухим льдом осуществляется в процессе сублимации твердой углекислоты (сухого льда) за счет отвода тепла от воздуха холодильной камеры или при непо-

средственном контакте брикетов сухого льда с охлаждаемыми телами.

Физические свойства сухого льда следующие: температура сублимации при атмосферном давлении —78,9° С, теплота сублимации 574,6 кДж/кг (137 ккал/кг), холодопроизводительность с учетом отепления паров до 0° С — 638 кДж/кг (152 ккал/кг), что в 1,9 раза превышает холодопроизводительность водного льда.

Сухой лед применяется в качестве охлаждающего тела, если необходимо получение достаточно низких температур, например в научно-исследовательских работах, при испытаниях контрольно-измерительных приборов и деталей машин, в машиностроительной и химической промышленности, при обработке пластических масс, производстве красителей, в медицине, в фармацевтической промышленности и т. д. Сухой лед применяется для перевозки замороженных скоропортящихся продовольственных товаров. В торговой сети его используют для охлаждения фасованного мороженого, при доставке на дом товаров в картонной таре.

Сухой лед получают искусственным путем на специальных углекислотных заводах из дымовых газов, продуктов брожения или природных источников. Сравнительно ограниченное применение его объясняется высокой стоимостью.

§ 4. МАШИННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Производство искусственного холода с помощью холодильной машины называется машинным охлаждением. Применяют в основном следующие типы холодильных машин: компрессионные, абсорбционные, пароэжекторные и термоэлектрические.

Компрессионные холодильные машины

Устройство паровой компрессионной машины. Простейшая схема паровой компрессионной холодильной машины представлена на рис. 2. Она состоит из четырех основных элементов: испарителя *1*, компрессора *2*, конденсатора *3* и регулирующего вентиля *4*.

Испаритель предназначен для охлаждения воздуха холодильных камер либо жидких продуктов, либо промежу-

точного теплоносителя (рассол, вода) в результате теплообмена с кипящим холодильным агентом. В процессе кипения холодильного агента в испарителе поддерживают низкое давление, называемое давлением кипения, p_0. При давлениях кипения $(1—2)\cdot 10^5$Па температура кипения широко применяемых холодильных агентов лежит ниже 0° С.

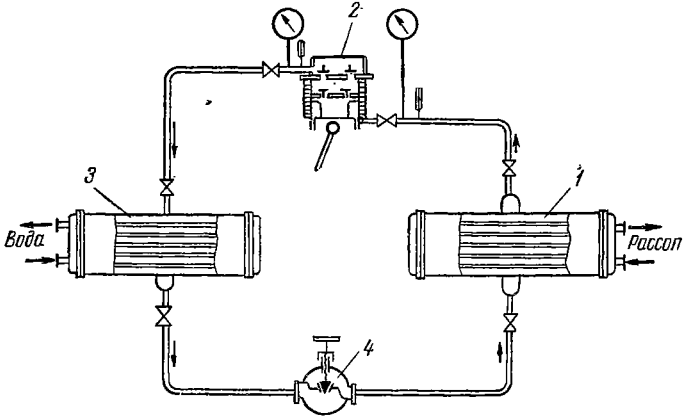


Рис. 2 Схема холодильной машины.

Компрессор предназначается для отсасывания из испарителя паров холодильного агента (см. гл. 3) с целью поддержания в нем низкого давления, а следовательно, и требуемой низкой температуры кипения. Кроме того, компрессор осуществляет сжатие паров и нагнетание их в конденсатор.

Назначение конденсатора — охлаждение сжатых паров холодильного агента окружающим воздухом или водой с целью понижения температуры паров до температуры конденсации (состояние насыщение) и конденсации насыщенных паров в жидкое состояние. Процесс конденсации протекает при высоком давлении, которое называют давлением конденсации и обозначают $p_к$. При давлении конденсации $(6—9)\cdot 10^5$ Па температура конденсации широко применяемых холодильных агентов выше +20° С.

Регулирующий вентиль предназначен для дросселирования (расширение газа или жидкости при истечении через местное сужение) жидкого холодильного агента, поступаю-

щего из конденсатора в испаритель, и регулирования его расхода. Дросселирование сопровождается понижением давления холодильного агента — от давления конденсации до давления кипения с соответствующим понижением температуры.

При работе холодильной машины в испарителе с помощью компрессора создают такое низкое давление кипения p_0, что соответствующая ему температура кипения холодильного агента становится ниже температуры охлаждаемого тела.

Вследствие этой разности температур тепло охлаждаемого тела передается в результате теплообмена холодильному агенту и расходуется на его парообразование. Пары холодильного агента отсасываются компрессором и сжимаются до такого давления, при котором температура их конденсации превышает температуру окружающей (охлаждающей) среды.

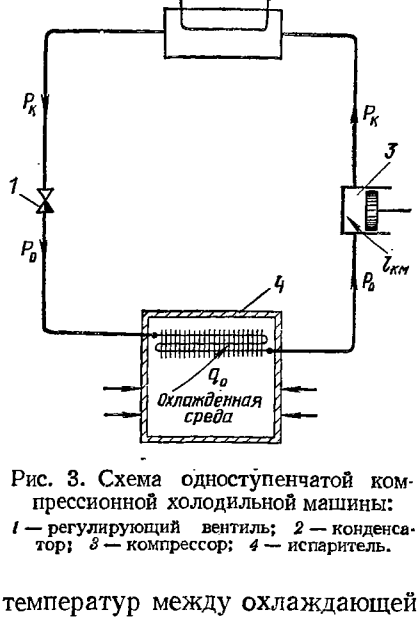


Рис. 3. Схема одноступенчатой компрессионной холодильной машины:
1 — регулирующий вентиль; *2* — конденсатор; *3* — компрессор; *4* — испаритель.

В результате разности температур между охлаждающей средой и парами холодильного агента происходит их охлаждение и конденсация. Жидкий холодильный агент под высоким давлением отводится из конденсатора и через регулирующий вентиль возвращается в испаритель.

Цикл паровой компрессионной холодильной машины. Циркулирующий в холодильной машине (рис. 3) холодильный агент изменяет свое агрегатное состояние и параметры состояния — температуру, давление, плотность. Последовательная смена состояний вещества называется процессом. Замкнутая совокупность процессов, в результате последовательного осуществления которых холодильный агент приходит в первоначальное состояние, называется

циклом. На осуществление циклов холодильных машин, называемых обратными круговыми циклами, необходимо затрачивать энергию. Циклы удобно рассматривать применительно к 1 кг циркулирующего холодильного агента.

Цикл холодильной машины включает в себя процесс сжатия паров в компрессоре, изобарический процесс охлаждения и конденсации паров в конденсаторе, переохлаждение жидкого холодильного агента в конденсаторе (т. е. охлаждение его ниже температуры конденсации), процесс дросселирования в регулирующем вентиле, изобарический процесс кипения холодильного агента в испарителе, процесс перегрева паров при постоянном давлении (т. е. нагревание паров выше температуры кипения). Рассмотрим эти процессы подробнее.

Сжатие паров холодильного агента в компрессоре с давления p_0 до давления $p_к$ сопровождается возрастанием их внутренней энергии, давления и температуры. Температура конца сжатия паров в компрессоре зависит от свойств холодильного агента и возрастает с увеличением отношения давлений $p_к$ и p_0 и температуры паров на входе в компрессор, достигая в аммиачных компрессорах 100—120° С, а во фреоновых — 60—80° . Удельной работой компрессора $l_{км}$ называется работа, затрачиваемая на отсасывание, сжатие и нагнетание 1 кг паров холодильного агента. Для процессов сжатия, протекающих без теплообмена с окружающей средой (такие процессы называются адиабатическими), удельная работа компрессора может быть вычислена как разность энтальпии паров на выходе из компрессора и входе в него

$$l_{км}=i_2-i_1,$$

где i_1 — энтальпия паров на входе в компрессор;
i_2 — энтальпия паров на выходе из компрессора.

Процессы, протекающие в конденсаторе. В конденсаторе последовательно осуществляются при постоянном давлении три процесса: охлаждение сжатых паров до состояния насыщения, их конденсация и переохлаждение жидкого холодильного агента. Удельная тепловая нагрузка на конденсатор $q_к$, равная количеству отводимой в цикле теплоты от 1 кг холодильного агента, подсчитывается по формуле

$$q_к=i_2-i_3,$$

где i_3 — энтальпия жидкого холодильного агента на выходе из конденсатора.

Величина $q_к$ превышает теплоту конденсации. Давление и температура конденсации зависят от температуры охлаждающей среды, свойств холодильного агента, величины теплопередающей поверхности конденсатора и интенсивности теплопередачи. Как правило, температура конденсации на 5—10° С превышает температуру охлаждающей среды.

Процесс дросселирования жидкого холодильного агента сопровождается изменением его агрегатного состояния — часть жидкости превращается в насыщенный пар, охлаждая при этом остальную часть жидкого холодильного агента до температуры кипения. Поэтому из регулирующего вентиля выходит смесь жидкости и насыщенного пара, называемая влажным паром. Относительное содержание пара в этой смеси 10—20% по массе или до 90—95% по объему. Значение энтальпии холодильного агента на входе в регулирующий вентиль и на выходе из него практически совпадают. Поэтому можно считать, что энтальпия поступающего в испаритель влажного пара равна энтальпии жидкого холодильного агента на выходе из конденсатора (для рассмотренной схемы холодильной машины).

Процессы, протекающие в испарителе. Влажный пар, поступающий в испаритель, разделяется на жидкую и газообразную фазы: жидкость остается в испарителе и участвует в процессе кипения при постоянном давлении p_0; пары, поступившие из регулирующего вентиля и образовавшиеся при кипении, отсасываются компрессором.

В малых холодильных машинах наблюдается нагревание паров в испарителе на 5—7° С выше температуры кипения. Этот процесс протекает также при постоянном давлении p_0 и называется перегревом паров. Тепло, подводимое в испарителе к 1 кг циркулирующего холодильного агента, и составляет удельную массовую холодопроизводительность q_0, которая может быть вычислена как разность энтальпий на выходе из испарителя и входе в него:

$$q_0 = i_1 - i_3.$$

Температура и давление кипения зависят от требуемой температуры охлаждения, свойств холодильного агента, величины теплопередающей поверхности испарителя и ин-

тенсивности теплообмена. Как правило, температура кипения на 5—15° С ниже требуемой температуры охлаждаемой среды.

Удельной объемной холодопроизводительностью называется холодопроизводительность, отнесенная к 1 м³ паров холодильного агента при условиях всасывания; обозначается q_v и выражается в Дж/м³. Удельная объемная холодопроизводительность q_v связана с удельной массовой холодопроизводительностью соотношением

$$q_v = \frac{q_0}{v_1},$$

где v_1 — удельный объем паров холодильного агента при давлении p_0 и температуре, равной температуре паров на входе в компрессор, м³/кг.

Тепловой баланс холодильной машины. При непрерывной работе холодильной машины в установившемся тепловом режиме, в котором температура и давление не изменяются со временем, количество энергии, подведенной к холодильному агенту в испарителе (в процессах кипения и перегрева) q_0 и в компрессоре (в процессах сжатия) $l_{км}$, равно энергии, отведенной от холодильного агента в окружающую среду в конденсаторе $q_к$. Следовательно,

$$q_0 + l_{км} = q_к.$$

Это уравнение называют уравнением теплового баланса холодильной машины.

Холодильным коэффициентом ε называется отношение удельной холодопроизводительности q_0 к удельной энергии, затраченной на осуществление цикла. В нашем случае

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l_{км}}.$$

Для температуры кипения — 15° С и температуры конденсации 30° С холодильный коэффициент аммиачных и фреоновых циклов достигает довольно высоких значений (до 5). Это означает, что на 1 Дж энергии, затраченной в компрессоре, от охлаждаемого тела отводится 5 Дж тепла, причем, в окружающую среду рассеивается 6 Дж тепла. Из этого следует, что холодильную машину целесообразно использовать в зимнее время года в качестве отопительного устройства, размещая испаритель на улице, а

конденсатор — в отапливаемом помещении. Холодопроизводительность холодильной машины (в Вт) связана с удельной массовой холодопроизводительностью соотношением

$$Q_0 = q_0 \cdot M,$$

где M — массовый расход холодильного агента, кг/с.

Теоретическая мощность компрессора подсчитывается по формуле

$$N_т = l_{км} \cdot M.$$

Суммарное количество энергии, отводимое в конденсаторе (тепловая нагрузка конденсатора), подсчитывается по формуле

$$Q_к = q_к \cdot M.$$

Удельной электрической холодопроизводительностью называют отношение холодопроизводительности машины к электрической мощности компрессора

$$K_{эл} = \frac{Q_0}{N}.$$

С понижением температуры кипения холодопроизводительность и холодильный коэффициент снижаются. Для повышения экономичности работы холодильных машин при низких температурах кипения (ниже —40° С) применяют двух- и многоступенчатые холодильные машины.

Двухступенчатая компрессионная холодильная машина. Двухступенчатые машины отличаются от одноступенчатых тем, что в них пары холодильного агента сжимаются последовательно в двух компрессорах с промежуточным охлаждением между процессами сжатия. Принципиальная схема двухступенчатой компрессионной холодильной машины с двукратным дросселированием и промежуточным сосудом показана на рис. 4. Принцип ее работы заключается в следующем. В испарителе *1* при низкой температуре и соответствующем давлении кипит холодильный агент. Пары из испарителя отсасываются компрессором ступени низкого давления *2* и сжимаются до давления в промежуточном сосуде $p_{пр}$.

Сжатые пары нагреваются и поступают в промежуточный сосуд *3*, где охлаждаются до состояния сухих насыщенных паров жидким холодильным агентом, находящимся в промежуточном сосуде. Пары, нагнетаемые компрессором ступени низкого давления, и пары, образующиеся

в промежуточном сосуде, отсасывает компрессор ступени высокого давления *4*. В нем происходит сжатие пара от давления в промежуточном сосуде до давления в конденсаторе *5*. Компрессор ступени высокого давления нагнетает

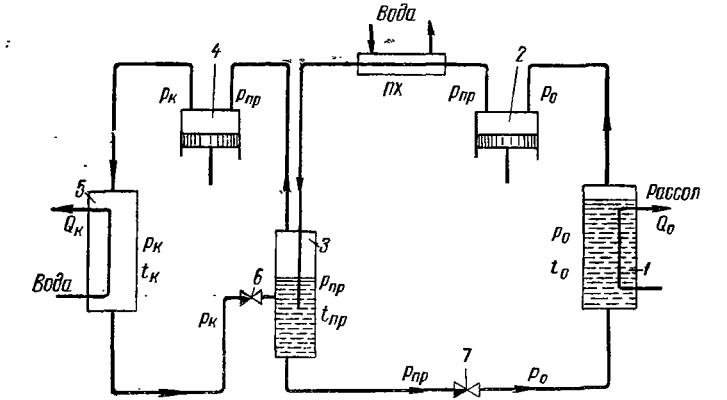


Рис. 4. Схема двуступенчатой компрессионной холодильной машины с двукратным дросселированием:

1 — испаритель; *2* — компрессор ступени низкого давления; *3* — промежуточный сосуд; *4* — компрессор ступени высокого давления; *5* — конденсатор; *6*, *7* — регулирующие вентили; *ПХ* — промежуточный холодильник, p_0, $p_{пр}$, $p_к$ — давления в испарителе, в промежуточном сосуде и в конденсаторе; Q_0 — холодопроизводительность испарителя; $Q_к$ — тепловая нагрузка конденсатора; t_0, $t_{пр}$, $t_к$ — температура в испарителе, в промежуточном сосуде, конденсаторе.

пары в конденсатор, где они охлаждаются и конденсируются. Из конденсатора жидкий холодильный агент подается через регулирующий вентиль *6* в промежуточный сосуд *3*. В регулирующем вентиле происходит дросселирование с уменьшением давления от давления в конденсаторе до промежуточного давления. Часть жидкого холодильного агента из промежуточного сосуда поступает через регулирующий вентиль *7* в испаритель.

Абсорбционные холодильные машины

На осуществление цикла абсорбционной холодильной машины расходуется тепловая энергия, в качестве источников которой используют горячую воду, водяной пар, газ и электроэнергию.

Рабочими телами абсорбционных машин являются бинарные растворы, т. е. растворы, состоящие из двух компонентов, например водо-аммиачные и бромисто-литиевые.

В аммиачной абсорбционной холодильной машине аммиак является легко кипящим компонентом и служит холодильным агентом, температура кипения воды более высокая, и вода является абсорбентом (поглотителем). В бромисто-литиевой холодильной машине холодильным агентом является вода, а поглотителем служит раствор бромистого лития.

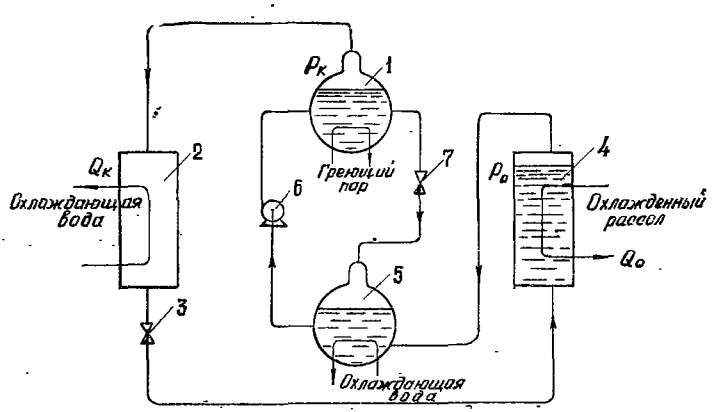


Рис. 5. Схема абсорбционной холодильной машины.

На рис. 5 показана принципиальная схема аммиачной абсорбционной холодильной машины непрерывного действия, состоящей из генератора *1*, конденсатора *2*, регулирующего вентиля *3*, испарителя *4*, абсорбера *5*, насоса для крепкого раствора *6*, регулирующего вентиля для слабого раствора *7*. Все части между собой соединены трубопроводами.

Работа аммиачной абсорбционной холодильной машины протекает в следующем порядке. Аммиак кипит в испарителе *4* и охлаждает рассол, циркулирующий через испаритель. Образующиеся в испарителе пары аммиака поступают в абсорбер и поглощаются в нем слабым водоаммиачным раствором. Процесс абсорбции сопровождается выделением тепла, которое отводится охлаждающей водой. По мере насыщения аммиаком слабый раствор ста-

новится крепким. Из абсорбера крепкий раствор перекачивается с помощью насоса в генератор, давление в котором практически совпадает с давлением в конденсаторе $p_к$.

В генераторе крепкий раствор подогревается горячей водой или паром до температуры не менее 80° С, вследствие чего из него выделяются пары аммиака. В конденсаторе пары аммиака охлаждаются водой и превращаются в жидкость. Из конденсатора жидкий аммиак подается через регулирующий вентиль *3* в испаритель. Образующийся в генераторе слабый водо-аммиачный раствор через регулирующий вентиль *7* возвращается в абсорбер для повторного насыщения.

В абсорбционной холодильной машине непрерывного действия обеспечивается непрерывное производство холода. Холодильный агент циркулирует по замкнутому контуру — испаритель, абсорбер, генератор, конденсатор и регулирующий вентиль. Абсорбер, генератор и насос заменяют компрессор и обеспечивают циркуляцию аммиака.

Тепловой баланс абсорбционной холодильной машины выражается следующим равенством:

$$L_н + Q_г + Q_0 = Q_к + Q_{аб},$$

где $Q_г$ — тепло, подведенное в генераторе;
Q_0 — тепло, подведенное в испарителе (холодопроизводительность);
$Q_к$ — тепло, отведенное в конденсаторе;
$Q_{аб}$ — тепло, отведенное в абсорбере;
$L_н$ — работа, затраченная на приведение в действие насоса.

Эффективность работы холодильной машины оценивается тепловым коэффициентом φ, который равен отношению холодопроизводительности и количества затраченной энергии.

$$\varphi = \frac{Q_0}{Q_г + L_и}.$$

Тепловой коэффициент абсорбционной холодильной машины значительно ниже холодильного коэффициента паровой компрессионной машины. Однако преимуществами абсорбционной холодильной машины являются простота конструкции и использование дешевых источников энергии, например горячей воды, отработавшего пара, отходящих топочных газов и т. п.

Бромисто-литиевые абсорбционные холодильные машины применяют при температурах кипения выше 0° С глав-

ным образом в установках кондиционирования воздуха.

Абсорбционно-диффузионные холодильные машины малой холодопроизводительности используются для охлаждения торгового оборудования и бытовых холодильников.

В народном хозяйстве применяются абсорбционные холодильные машины холодопроизводительностью от 20 Вт до 3 млн. Вт.

Пароэжекторные холодильные машины

Производство искусственного холода с помощью пароэжекторных машин осуществляется с затратой тепловой энергии. Рабочим веществом (холодильным агентом) и одновременно теплоносителем может быть вода. Охлаждение

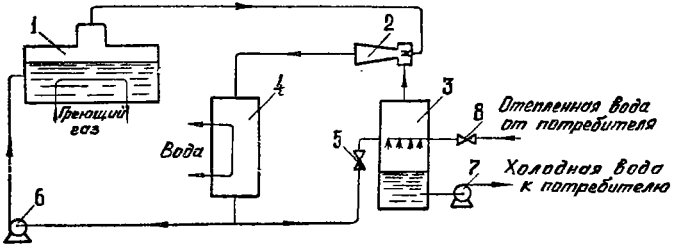


Рис. 6. Схема пароэжекторной холодильной машины.

воды в испарителе достигается в процессе кипения воды под вакуумом (абсолютное давление кипения составляет несколько миллиметров ртутного столба). При столь низких давлениях температура кипения воды составляет 5—8° С.

Принципиальная схема пароэжекторной холодильной машины показана на рис. 6. Основными частями являются паровой котел *1*, эжектор *2*, испаритель *3*, конденсатор *4*, регулирующий вентиль *5*, насос *6*, насос для холодной воды *7*, вентиль для отепленной воды *8*. Эжектор (рис. 7) состоит из сопла *1*, камеры смешения *2* и диффузора *3*.

При работе пароэжекторной холодильной машины в паровом котле вырабатывается пар давлением от $6{,}5 \cdot 10^5$ до $8 \cdot 10^5$ Па. Рабочий пар поступает в сопло эжектора. При

истечении пара в эжекторе потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую, и давление в камере смешения и в испарителе понижается.

В камере рабочий пар и пары, поступающие из испарителя, смешиваются. В расширяющейся части диффузора вследствие снижения скорости движения пара происходит сжатие смеси до давления в конденсаторе. В конденсаторе пар охлаждается водой и конденсируется. При выходе из

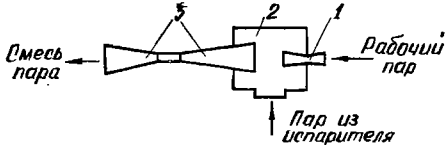


Рис. 7. Эжектор.

конденсатора вода разделяется на два потока — часть ее подается в испаритель через регулирующий вентиль *5* (см. рис. 6) для поддержания постоянного уровня, а основное количество с помощью насоса *6* перекачивается в паровой котел для выработки рабочего пара. Охлажденная в испарителе вода направляется с помощью насоса *7* потребителю.

Пароэжекторные холодильные машины применяются для охлаждения воды в различных производствах и в установках кондиционирования воздуха. Машины изготовляются холодопроизводительностью от 300 тыс. до 2 млн. Вт.

§ 5. ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

Одним из перспективных способов получения искусственного холода является термоэлектрическое охлаждение. Термоэлектрические охлаждающие батареи обладают рядом достоинств: простотой устройства, отсутствием рабочего вещества, бесшумностью работы, компактностью.

Термоэлектрическое охлаждение основано на использовании эффекта Пельтье, заключающегося в том, что при прохождении постоянного тока по замкнутой цепи из разных проводников на спаях возникает разность температур.

При термоэлектрическом охлаждении наибольший эффект достигается при использовании полупроводниковых элементов.

На рисунках 8 и 9 показаны полупроводниковый термоэлемент и батарея элементов. Каждый термоэлемент состоит из двух последовательно соединенных полупроводников *1* и *2* прямоугольной или круглой формы. Полупроводники с помощью медных пластин *3* образуют спаи. Отдельные термоэлементы соединяются последовательно в батареи. При прохождении через батарею электрического тока, спаи на

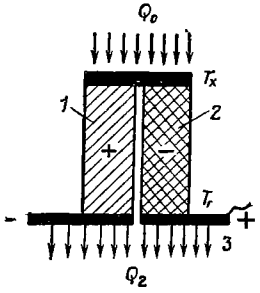


Рис. 8. Полупроводниковый термоэлемент.

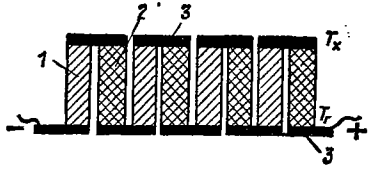


Рис. 9. Термобатарея.

одной из ее сторон нагреваются, а на другой — охлаждаются. В бытовом холодильнике холодные спаи термобатареи устанавливают в задней внутренней стенке холодильной камеры.

Перепад температур между горячими и холодными спаями составляет до 45—50°С.

В качестве полупроводниковых термоэлементов применяют сплавы свинца и теллура, теллура и сурьмы, окислы металлов и чистые химические элементы: германий, кремний, селен и их соединения.

В настоящее время термоэлектрическое охлаждение применяется в бытовых холодильниках и автономных кондиционерах.

Недостатками термоэлектрического охлаждения являются в основном большой расход электроэнергии и высокая стоимость термоэлектрических охлаждающих батарей.

Глава 3

ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГЕНТЫ И ХЛАДОНОСИТЕЛИ

Холодильные агенты должны удовлетворять следующим требованиям:

должны быть безвредными для обслуживающего персонала;

не должны вызывать порчу пищевых продуктов;

температура кипения холодильного агента при атмосферном давлении должна быть ниже 0° С (273 К);

температура замерзания (затвердевания) должна быть значительно ниже рабочей температуры кипения;

должны иметь большие величины теплоты парообразования и объемной холодопроизводительности;

при температуре конденсации насыщенного пара в пределах 30—50° С давление конденсации не должно превышать $15 \cdot 10^5$ Па;

не должны быть горючими и взрывоопасными;

должны быть химически стойкими при высоких температурах;

не должны вызывать коррозию металлов и их сплавов, должны быть инертными к смазочным маслам;

должны быть недефицитными и дешевыми.

В основном этим требованиям удовлетворяют фреон-12, фреон-22, фреон-142, аммиак.

§ 1. ФРЕОНЫ

Фреонами называются фторхлористые производные насыщенных углеводородов. Фреоны получаются из метана (CH_4), этана (C_2H_6) и пропана (C_3H_8) методом химического замещения водорода фтором (F) и хлором (Cl). Между собой фреоны различаются условными обозначениями, например: фреон-11, фреон-12, фреон-13, фреон-21, фреон-22, фреон-142 и т. д.

Для холодильных установок предприятий торговли и общественного питания преимущественно применяются фреон-12 и фреон-22.

Фреон-12 (дифтордихлорметан CF_2Cl_2). Это тяжелый бесцветный газ со слабым специфическим запахом, не влияет на вкус и запах пищевых продуктов.

Фреон-12 обладает следующими свойствами: температу-

ра кипения при атмосферном давлении —29,8° С, температура замерзания —155° С; рабочее давление в конденсаторе при нормальном охлаждении не превышает 10^5 Па; теплота парообразования при —15° С равна 161,4 кДж/кг, удельная объемная холодопроизводительность при температуре кипения —15° С и температуре жидкого фреона перед регулирующим вентилем 25° С равна 1360 кДж/кг. Плотность насыщенных паров фреона-12 при температуре —15° С равна 10,8 кг/м³.

Фреон-12 сильно текуч и проходит через самые малые неплотности в соединениях и даже через поры стенок металла. Поэтому на фреоновых холодильных машинах все соединения выполняются особо тщательно. Он растворяет обычную техническую резину, смывает со стенок ржавчину, окалину, остатки литейного песка и другие загрязнения. Ввиду этого внутренние поверхности деталей тщательно очищают, а для уплотнительных прокладок в разъемных соединениях применяют специальные сорта резины и паранита.

Фреон-12 не горит, в смеси с воздухом не взрывается. При отсутствии влаги не вызывает коррозии черных, цветных металлов и их сплавов. Жидкий фреон не проводит электрического тока. Пары фреона не ядовиты, но при содержании в воздухе более 28—30% объема у человека появляются признаки отравления организма вследствие недостатка кислорода и он погибает от удушья. При соприкосновении фреона-12 с горячей поверхностью стенки (свыше 400° С) или действии на него открытого пламени происходит его разложение с образованием в первом случае вредных газов хлористого и фтористого водорода, а во втором — следов газа фосгена. Хлористый и фтористый водород обнаруживается по сильному раздражению слизистой оболочки дыхательных путей, что дает возможность своевременно устранить его вредное действие на организм. Фосген ядовит. Жидкий фреон, попадая на кожу тела, может вызвать обморожение, а, попадая в глаза, повредить их.

Фреон-12 применяется в холодильных машинах с поршневыми, ротационными и центробежными компрессорами для температур кипения до —25° С и конденсации не выше 50° С.

Фреон-22 (дифтормонохлорметан CHF_2Cl). Тяжелый бесцветный газ по физико-химическим свойствам близок к

фреону-12. При атмосферном давлении фреон-22 кипит при температуре —40,8° С, затвердевает при температуре —160° С. Теплота парообразования 233 кДж/кг. Плотность жидкости при 0° С — 1,29 кг/л. Рабочее давление в конденсаторе при 30° С равно $12{,}3 \cdot 10^5$ Па, давление в испарителе при —15° С равно $3{,}03 \cdot 10^5$ Па. Термодинамические данные его несколько лучше фреона-12. Например, при замене в холодильной машине фреона-12 на фреон-22 холодопроизводительность увеличивается на 60%, а расход электроэнергии снижается на 6% при той же холодопроизводительности.

Фреон-22 безвреден для организма человека при концентрации в воздухе помещения менее 10—15%. Он не горит и смесь его с воздухом не взрывается. При соприкосновении с деталями, нагретыми выше 550° С, распадается с образованием фтористого и хлористого водорода. Обладает большой текучестью, растворяет обычную техническую резину, смывает со стенок окалину, песок и прочие загрязнения.

Фреон-22 используется в холодильных машинах с поршневыми компрессорами одноступенчатого сжатия до температур кипения —25÷—40° С, в холодильных машинах двухступенчатого сжатия с температурой кипения до —80° С и в малых машинах с герметичными компрессорами для кондиционирования воздуха.

Фреон-142. Фреон-142 производится из газа этана, не ядовит, воспламеняемость его очень слабая. При атмосферном давлении фреон-142 кипит при температуре —9,3° С, замерзает при температуре —130,8° С. Теплота парообразования при температуре кипения —15° С 229 кДж/кг, давление в испарителе $0{,}81 \cdot 10^5$Па, а рабочее давление в конденсаторе при 50° С равно $7{,}1 \cdot 10^5$Па. Давления паров фреона-142 в конденсаторе сравнительно невысокие, поэтому целесообразно использовать его в холодильных машинах, работающих в зонах с жарким климатом.

§ 2. АММИАК

Аммиак (NH_3). Это бесцветный газ с неприятным удушливым характерным запахом. Наличие его в воздухе ощущается уже при объемной концентрации 0,0005%. Температура кипения аммиака при атмосферном давлении

—33,4° С, затвердевания —77,8° С, воспламенения 651° С. Плотность жидкого аммиака при 0° С равна 0,64 кг/л. Пары аммиака легче воздуха. Теплота парообразования при —15° С равна 1310 кДж/кг, теоретическая удельная объемная холодопроизводительность 2210 кДж/м³. При нормальных условиях охлаждения давление в конденсаторе не выше $12 \cdot 10^5$ Па и только при очень высокой температуре охлаждающей воды достигает $15 \cdot 10^5$ Па.

В воздухе аммиак горит желтым пламенем, в кислороде — зеленоватым. В смеси с воздухом при концентрации от 16 до 26,8% объема он взрывается. Сталь, чугун, алюминий и фосфористую бронзу не корродирует, а в присутствии влаги разъедает цинк, медь и ее сплавы.

Аммиак вредно влияет на организм человека. Он вызывает раздражение слизистых оболочек глаз, верхних и глубоких дыхательных путей, кожи. В тяжелых случаях отравления наблюдается отек легких, головокружение, слабый пульс, похолодание конечностей, судороги, потеря сознания.

Предельная санитарная норма наличия аммиака в воздухе производственных помещений составляет 0,02 мг/л (0,03%). Максимально допустимая концентрация при длительном пребывании в помещении с аммиачной машиной — 0,07 мг/л. Концентрация, раздражающая горло — 0,30 мг/л, раздражающая глаза — 0,5 мг/л, вредное действие при длительном пребывании человека — 0,1 мг/л, смертельный исход при воздействии в течение 0,5—1 ч 1,5—2,7 мг/л (0,25—0,45% объема).

Аммиак отрицательно влияет на вкусовые качества большинства пищевых продуктов лишь при высоких концентрациях в воздухе. Порча яблок, груш, персиков и лука происходит при концентрации 0,1% через 0,5 ч.

Аммиак является доступным и дешевым холодильным агентом. Он применяется, главным образом, в холодильных машинах с поршневыми компрессорами при температурах кипения до —60° С и конденсации не выше 40° С.

§ 3. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ СО СМАЗОЧНЫМИ МАСЛАМИ И ВОДОЙ

Взаимодействие холодильных агентов со смазочными маслами. Холодильные агенты и смазочные минеральные масла обладают взаимной растворимостью, зависящей от

физических свойств холодильного агента, температуры и давления. При работе холодильной машины образуется смесь холодильного агента и смазочного минерального масла. Такая смесь выполняет одновременно функции и рабочего вещества и смазывающей жидкости. По степени растворимости холодильные агенты разделяются на две основные группы — с неограниченной и ограниченной растворимостью. Неограниченно растворяется в минеральном масле фреон-12. Некоторое ограничение растворимости имеет фреон-22 в области низких температур, где смесь разделяется на два слоя. В зоне низких температур на поверхности жидкости и стенках аппарата образуется более вязкий слой, который затрудняет теплообмен с кипящей жидкостью и выход паров из жидкости.

Во фреоновых холодильных машинах количество циркулирующего масла составляет 10—15% от количества циркулирующего фреона. При лучшем отделении масла от всасываемого пара в компрессоре количество его в циркулирующем фреоне уменьшается.

Аммиак в минеральном масле растворяется незначительно. Например, при температуре от 0 до 40° С и давлении $(1—3) \cdot 10^5$ Па растворимость его 0,25—0,80%. Взаимная растворимость холодильного агента с маслом отрицательно влияет на работу холодильной машины по следующим причинам:

снижается холодопроизводительность во фреоновых холодильных машинах;

ухудшается смазка трущихся деталей компрессора вследствие уменьшения вязкости масла;

снижается интенсивность теплоотдачи в конденсаторе и испарителе, кроме того, в аммиачных низкотемпературных машинах масло может оседать на теплопередающей поверхности испарителя и застывать;

на стороне низкого давления из масла могут выпадать парафины.

Взаимодействие холодильных агентов с водой. Свободная вода, циркулируя с холодильным агентом, вызывает коррозию металла. Во фреоновых холодильных машинах вода может замерзнуть в дроссельном отверстии терморегулирующего вентиля или капиллярной трубке и явиться причиной неисправности в работе или остановки машины. Разные холодильные агенты взаимодействуют с водой неодинаково. Фреон-12 в воде практически не растворяется.

Растворимость воды в жидком фреоне-12 составляет 0,001% при —70° С и 0,006% при 0° С. По техническим условиям во фреоне-12 общего назначения допускается содержание воды не более 0,0025%. В сухом фреоне-12, предназначенном для использования в машинах бытовых холодильников и приборах автоматики, допускается не более 0,0006% воды. Растворимость воды во фреоне-22 выше, чем во фреоне-12. Например, при температуре —20° С растворимость его составляет 0,24% и при 0° С — 0,48%.

По техническим условиям в жидком фреоне-22 допускается содержание растворенной воды не более 0,0025%.

Аммиак растворяется в воде интенсивно, в больших пропорциях, образуя водо-аммиачный раствор. Это свойство аммиака используется для удаления его остатков из аппаратов или коммуникаций через воду. В целях предотвращения коррозии металлов содержание воды в жидком аммиаке не должно превышать 0,2%.

§ 4. ИНДИКАТОРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УТЕЧЕК ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Утечки холодильных агентов в соединениях фреоновых холодильных машин определяются с помощью галоидных ламп, галоидных течеискателей, а на аммиачных машинах — с помощью индикатора, представляющего собой полоску фильтровальной бумаги, пропитанную специальным раствором.

Галоидные лампы. Принцип действия галоидных ламп основан на свойстве фреонов разлагаться и изменять цвет пламени в присутствии меди, нагретой до 600—700° С. Для нагревания медной горелки галоидной лампы преимущественно применяют сжиженный газ пропан-бутан (ранее использовали этиловый спирт).

На рис. 10 показана пропановая галоидная лампа конструкции Ленинградского специализированного комбината холодильного оборудования. Основными частями являются (рис. 10, *а*): баллон *1*, заполненный сжиженным газом пропан-бутаном, запорное устройство баллона *2* и горелка.

Горелка (рис. 10, *б*) состоит из корпуса *1*, кронштейна с красно-медной насадкой *2*, инжектора *3*, сопла *4*, накидной гайки сопла *5*, штуцера *6*, шланга *7*. Запорное устройство включает в себя обратный клапан *8*, шпиндель *9*,

сальник шпинделя *10* и маховик вентиля *11*. Сопло представляет собой шайбу с рубиновым камнем от часового механизма, имеющим калиброванное отверстие диаметром 0,1 мм, шланг резиновый или хлорвиниловый с внутренним диаметром 8 мм и длиной 400—500 мм.

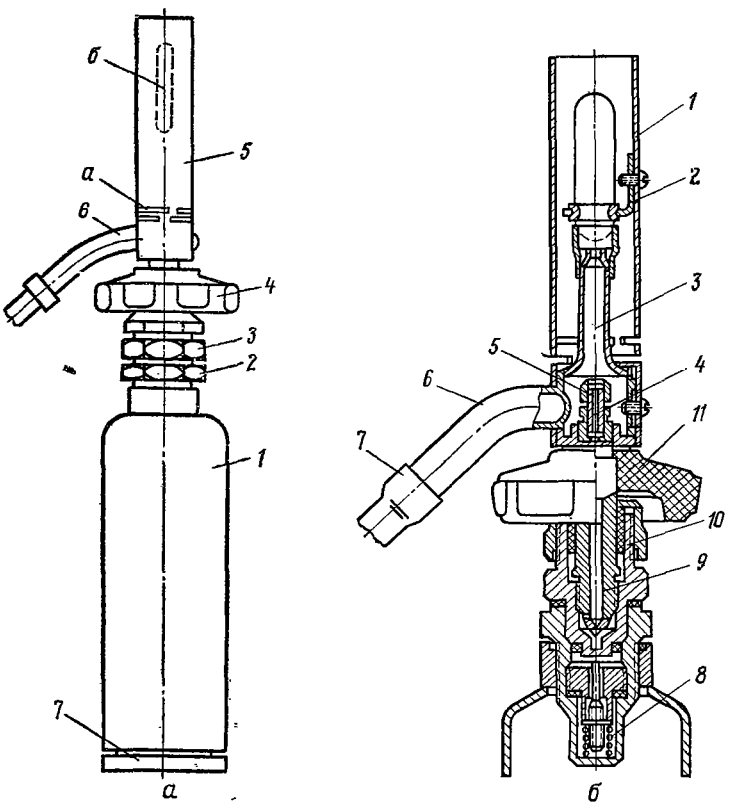
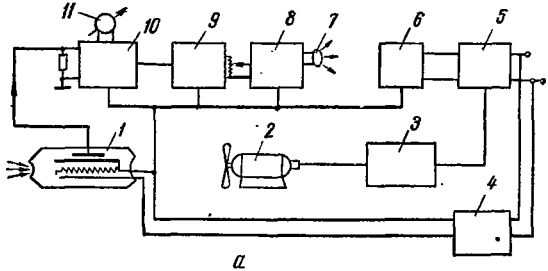


Рис. 10. Галоидная пропан-бутановая лампа ЛГ-7:

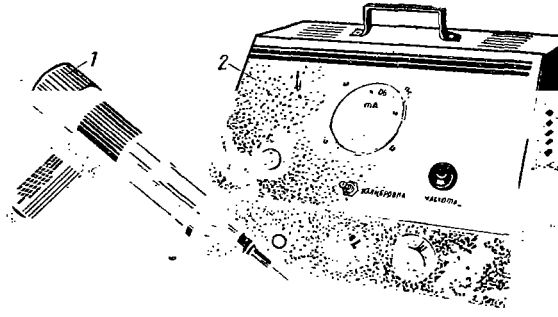
а — конструкция; *1* — баллон, *2* — запорно-зарядный клапан, *3* — осевой вентиль, *4* — капроновый маховичок, *5* — ограждение горелки, *6* — шланг, *7* — коробочка для запасных частей; *б* — горелка.

При употреблении пропановой лампы необходимо повернуть маховик *11* на $^1/_4$ оборота против часовой стрелки. Шпиндель вентиля поднимается, открывая выход горючему газу. Струя газа, вытекающая из сопла, создает

разрежение в инжекционной камере, вследствие чего через шланг подсасывается воздух. Смесь газа и воздуха поступает в корпус горелки, где ее поджигают спичкой. Сгораемая смесь разогревает медную насадку до темно-красного цвета. Если с воздухом в горелку подсасывается фреон,



а



б

Рис. 11. Электронный галоидный течеискатель ГТИ-2:

а — схема: *1* — датчик; *2* — вентилятор с электродвигателем; *3* — выпрямитель; *4* и *5* — стабилизаторы напряжения; *6* — выпрямитель с фильтром; *7* — звуковой сигнал; *8* — усилитель низкой частоты; *9* — генератор звуковых колебаний; *10* — усилитель ионового тока; *11* — измерительный прибор; *б* — общий вид: *1* — выносный щуп; *2* — измерительный блок.

пламя окрашивается в голубовато-зеленоватый, в зеленый, а затем в синий или фиолетовый цвет. При больших утечках пламя может погаснуть. Пропановая лампа быстро приводится в действие и при работе не нагревается. Лампа позволяет определить утечки фреона порядка 5—7 г в год.

Галоидные течеискатели ГТИ-2. Течеискатель ГТИ-2 (рис. 11) состоит из двух основных частей: переносного

щупа и измерительного блока, соединенных кабелем длиной 3 м. Прибор подключается к сети переменного тока напряжением 220 В. Щуп выполнен в форме пистолета, в нем размещен датчик, представляющий собой диод с платиновыми электродами, нагреваемыми электроподогревателем до 800—900° С. Через электроды продувается воздух с помощью встроенного вентилятора. Если воздух чистый, величина тока между электродами незначительна. Если в воздухе содержится фреон, величина тока увеличивается в результате увеличения потока положительных ионов между электродами. Импульс увеличенного тока передается в измерительный блок, где он усиливается и вызывает отклонение стрелки прибора. Одновременно с этим возрастает частота щелчков в телефоне щупа. С помощью ГТИ-2 обнаруживаются утечки фреона в количестве 0,5 г в год.

Индикатор. Утечки аммиака определяют специально пропитанной индикаторной бумагой. Для приготовления индикаторов высокой чувствительности в 100 см³ спирта-ректификата растворяют 0,1 г фенолрота и 20 см³ чистого глицерина. Полоски фильтровальной бумаги размером 10×1,5 см смачивают в растворе и сушат. Хранят их в целлофановых пакетиках. Для приготовления индикаторов средней чувствительности применяют 1%-ный раствор фенолфталеина в спирте-ректификате.

При утечке аммиака индикатор, предварительно смоченный водой, краснеет. После прекращения действия аммиака он снова принимает желтую окраску.

Неплотности в конденсаторе и испарителе приводят к проникновению аммиака в воду или в рассол. Поэтому периодически воду и рассол проверяют на присутствие в них аммиака.

При подогреве воды аммиак легко возгоняется и может быть обнаружен индикаторной бумажкой. В рассоле аммиак может находиться в связанном состоянии, в виде солей. Для отгонки паров аммиака в рассоле надо создать щелочную среду. Для этого в колбу объемом 500 см³ наливают 250 см³ рассола и понемногу добавляют 20%-ный раствор щелочи (КОН или NaOH) до тех пор, пока опущенная в рассол индикаторная бумажка не станет красной. Затем добавляют еще 5 см³ щелочи и нагревают колбу до кипения, и индикаторной бумажкой, смоченной в дистиллированной воде, проверяют выделяющиеся пары на наличие аммиака.

§ 5. ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕВОЗКА ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Холодильные агенты хранят и перевозят в жидком состоянии в стальных баллонах емкостью от 20 до 55 л. При техническом обслуживании малых фреоновых холодильных машин используют баллоны емкостью 5 л. У каждого баллона имеется угловой запорный вентиль с маховичком и гайкой-заглушкой на боковом штуцере. Вентиль предохраняется от повреждений стальным колпаком.

Баллоны окрашивают в установленный по ГОСТу цвет и делают на них трафаретную надпись. Так, баллоны для фреона-12 окрашивают под алюминий и делают надпись черной несмываемой краской «фреон-12»; баллоны под фреон-22 окрашивают также под алюминий, делают две желтые поперечные полосы и надпись «фреон-22». На баллонах под аммиак (цвет окраски желтый) надпись черной краской «аммиак».

Жидкий холодильный агент заливают в баллоны по следующей норме: фреон-12—1—1,1 кг/л; фреон-22 — 0,9—1,0 кг/л; аммиак — 0,50 кг/л.

Баллоны, заполненные холодильным агентом, хранятся на специально оборудованных складах с соблюдением правил техники безопасности. Хранение одного баллона с фреоном-12 согласно правилам техники безопасности разрешается в машинном отделении.

Наполненные баллоны на близком расстоянии переносят на носилках специальной конструкции двое рабочих или перевозят на специальных двухколесных тележках.

Для перевозки за пределы предприятия и на далекие расстояния служит рессорный транспорт. В деревянном кузове автомобиля или в повозке баллоны укладывают горизонтально, вентилями в одну сторону на деревянных с гнездами прокладках и закрепляют на них с помощью откидных винтов. От действия солнечных лучей баллоны предохраняются ватным одеялом или мокрым брезентом.

§ 6. ХЛАДОНОСИТЕЛИ

Хладоносители являются промежуточным телом, с помощью которого осуществляется перенос тепла от воздуха охлаждаемого помещения к холодильному агенту. Хладоносителями служат вода, водные растворы солей или жид-

кости с низкой температурой замерзания — антифризы, фреон-30. Хладоносители применяют на тех холодильных установках, где непосредственное охлаждение нежелательно.

Хладоносители должны обладать следующими свойствами: иметь низкую (ниже 0° С) температуру замерзания; большую теплоемкость и высокую теплопроводность; малую вязкость; не вызывать коррозию металлов; быть безвредными для человека и недорогими.

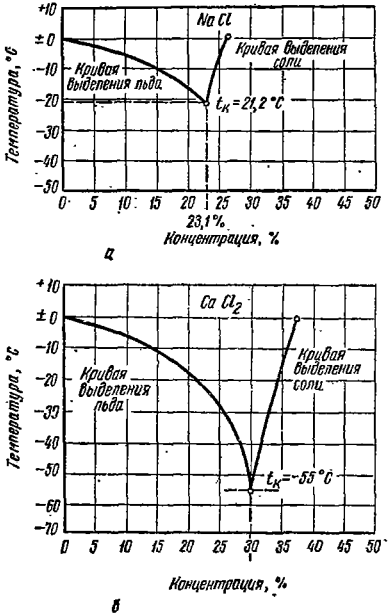


Рис. 12. Графики зависимости температуры затвердевания рассолов от концентрации соли:
а — для раствора хлористого натрия; *б* — для раствора хлористого кальция.

На холодильных установках при системах рассольного охлаждения применяют хладоносители в виде водных растворов соли хлористого натрия (NaCl) или соли хлористого кальция ($CaCl_2$).

Основные физические свойства рассолов зависят от концентрации, т. е. количества соли в растворе. При повышении концентрации плотность рассола возрастает, а температура замерзания понижается. Однако понижение температуры замерзания происходит лишь до криогидратной температуры данного раствора, а затем она повышается.

Зависимость температуры замерзания от концентрации раствора показана на рис. 12.

Концентрация рассола должна соответствовать заданному режиму температур работающей холодильной машины и не превышать концентрации в криогидратной точке. При повышении концентрации уменьшается теплоемкость рассола, возрастает плотность, что вызывает увеличение расхода электроэнергии на работу рассольного насоса. Но по-

ниженная концентрация тоже недопустима, так как рассол может замерзнуть в испарителе и вызвать аварию холодильной машины. Для предотвращения замерзания рассола в испарителе температура его замерзания должна быть на 5—8°С ниже рабочей температуры кипения холодильного агента.

Рассол хлористого натрия (поваренная соль) применяется в холодильных машинах, где температура кипения холодильного агента в испарителе не ниже —16° С, а рассола хлористого кальция — не ниже —46° С. Для более низких температур кипения применяют растворы этиленгликоля (антифризы), дихлорметан (фреон-30) и фреон-11.

Концентрацию рассола определяют по плотности с помощью ареометра при температуре 15° С. Свойства рассолов приведены в табл. 6.

Недостатком рассолов является их коррозирующее действие на металлы, при этом более сильная коррозия металла происходит в присутствии кислорода воздуха. Для уменьшения поверхности соприкосновения рассола с воздухом применяют закрытую систему рассольного охлаждения, а для ослабления коррозии в рассол добавляют пассиваторы — вещества, замедляющие коррозию металлов.

Ввиду того что основные физические параметры рассолов — плотность, концентрация и температура замерзания — взаимосвязаны, их величины определяются по соответствующим таблицам.

Количество соли G_c (в кг), необходимое для приготовления рассола требуемой концентрации, определяют расчетом по формуле

$$G_c = \frac{V_p \rho_p}{100} \cdot \xi,$$

где V_p — емкость рассольной системы, л;
ρ_p — плотность рассола при 15° С, кг/л;
ξ — концентрация рассола, %.

Пример. Определить количество соли NaCl для приготовления рассола, если емкость рассольной системы фреоновой холодильной машины равна 1,6 м³. Рабочая температура кипения в испарителе —15° С.

Р е ш е н и е. Температура замерзания

$$t_з = t_0 + (-5) = -15 + (-5) = -20°С.$$

Таблица 6

Хлористый натрий				Хлористый кальций			
плотность при 15 °С, кг/л	содержание соли в растворе, % по массе	температура начала замерзания, °С	теплоемкость при 0°С, ккал/(кг·°С)	плотность при 15°С, кг/л	содержание соли в растворе, % по массе	температура начала замерзания, °С	теплоемкость при 0°С, ккал/(кг·°С)
1,00	0,1	0,0	1,001	1,00	0,1	0,0	1,003
1,01	1,5	—0,9	0,973	1,02	2,5	—1,2	0,968
1,02	2,9	—1,8	0,956	1,04	4,8	—2,4	0,932
1,03	4,3	—2,6	0,941	1,06	7,1	—3,7	0,899
1,04	5,6	—3,5	0,927	1,08	9,4	—5,2	0,866
1,05	7,0	—4,4	0,914	1,10	11,5	—7,1	0,836
1,06	8,3	—5,4	0,901	1,12	13,7	—9,1	0,808
1,07	9,6	—6,4	0,889	1,14	15,8	—11,4	0,782
1,08	11,0	—7,5	0,878	1,16	17,8	—14,2	0,758
1,09	12,3	—8,6	0,867	1,18	19,9	—17,4	0,737
1,10	13,6	—9,8	0,857	1,20	21,9	—21,2	0,717
1,11	14,9	—11,0	0,848	1,22	23,8	—25,7	0,700
1,12	16,2	—12,2	0,839	1,23	24,7	—28,3	0,692
1,13	17,5	—13,6	0,830	1,24	25,7	—31,2	0,685
1,14	18,8	—15,1	0,822	1,25	26,6	—34,6	0,678
1,15	20,0	—16,6	0,814	1,26	27,5	—38,6	0,671
1,16	21,2	—18,2	0,806	1,27	28,4	—43,6	0,664
1,17	22,4	—20,0	0,798	1,28	29,4	—50,1	0,658
1,175*	23,1	—21,2	0,794	1,286*	29,9	—55,0**	0,654
1,18	23,7	—17,2**	0,791	1,29	30,3	—50,6	0,651
1,19	24,9	—9,5	0,784	1,31	32,1	—33,9	0,639
1,20	26,1	—1,7	0,778	1,34	34,7	—15,6	0,621
1,203	26,3	0,0	0,776	1,37	37,3	0,0	0,604

* Эвтектический раствор.
** Температура, при которой начинает выпадать соль из раствора.

Из табл. 6 находим при $t_з = -20°$ С плотность $\rho_р$ будет равна 1,17 кг/л и концентрация ξ 22,4%.

Подставляя значения в формулу, находим количество солн (в кг)

$$G_с = \frac{1600 \cdot 1,17}{100} \cdot 22,4 = 419,3.$$

Глава 4

КОМПРЕССИОННЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ

В холодильных машинах применяются четыре основных типа компрессоров — поршневые, ротационные, центробежные (турбокомпрессоры) и винтовые. В холодильных машинах малой и средней холодопроизводительности преимущественно используют поршневые компрессоры, поэтому ротационные, центробежные и винтовые компрессоры в данной книге не рассматриваются.

§ 1. ПОРШНЕВЫЕ КОМПРЕССОРЫ

Классификация поршневых компрессоров

Компрессоры холодильных машин различаются по следующим признакам:

по применяемому холодильному агенту — фреоновые, аммиачные и т. д.;

по холодопроизводительности — условно подразделяются на малые, средние и крупные;

по расположению цилиндров — горизонтальные, вертикальные, У-образные, УУ-образные и пр.;

по числу цилиндров — одно-, двух- и многоцилиндровые;

по ступеням сжатия — одно-, двух-, многоступенчатые;

по направлению движения паров в цилиндре — непрямоточные и прямоточные;

по конструкции картера и цилиндров — картерные или блок-картерные;

по степени герметичности — открытые сальниковые, бессальниковые и герметичные;

по типу привода — с ременной передачей, с непосредственным приводом.

Отечественные холодильные компрессоры выпускаются различных типов и исполнений: А — аммиачные одноступенчатые; ДА — аммиачные двухступенчатые; АО — аммиачные горизонтальные оппозитные; Ф — фреоновые одноступенчатые; ФВ и АВ — вертикальные двухцилиндровые фреоновые и аммиачные; ФУ и АУ (У-образные двухцилиндровые), ФУУ — фреоновые (УУ-образные восьми-

цилиндровые); ФБС — фреоновые бессальниковые; ФГ — фреоновые герметичные и т. д. Цифровые значения после букв обозначают номинальную холодопроизводительность в тыс. ккал/ч. Например, компрессор марки ФГ-0,7 — фреоновый герметичный холодопроизводительностью 700 ст. ккал/ч; компрессор марки ФВ-6 — фреоновый вертикальный (двухцилиндровый) холодопроизводительностью 6000 ст. ккал/ч.; компрессор АВ-22 — аммиачный вертикальный холодопроизводительностью 22 000 ст. ккал/ч; ФУ-40 — фреоновый У-образный холодопроизводительностью 40 000 ккал/ч и т. д.

Теоретические основы работы поршневого компрессора

Объемная производительность. Объем всасываемого компрессором пара (в кубических метрах) за единицу времени (час), составляет его объемную производительность.

Теоретическая объемная производительность совпадает с объемом, описываемым поршнями компрессора.

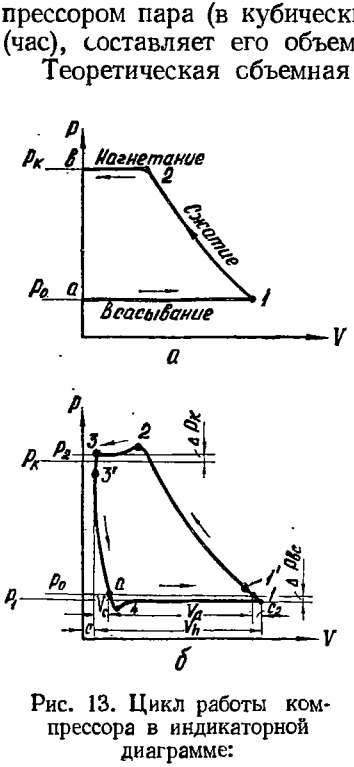


Рис. 13. Цикл работы компрессора в индикаторной диаграмме:
а — теоретический; *б* — действительный.

Теоретический процесс идеального компрессора изображен графически на диаграмме (рис. 13, *а*). Линия *а—1* соответствует процессу всасывания при давлении, равном давлению в испарителе (p_0); линия *1—2* характеризует процесс сжатия пара в цилиндре (адиабатическое сжатие), происходящий без теплообмена с окружающей средой; линия *2—в* — процесс нагнетания сжатого пара при давлении, равном давлению в конденсаторе ($p_к$). При таких условиях объем всасываемого пара равен полному объему цилиндра компрессора, который описывается поршнем.

Теоретическая объемная производительность поршне-

вого компрессора V_h (м³) зависит от диаметра цилиндра, хода поршня, скорости вращения вала и числа цилиндров и определяется по следующей формуле:

$$V_h = F_ц S n z \cdot 60,$$

где $F_ц$ — площадь цилиндра, м²;
S — ход поршня, м;
n — частота вращения вала, об/мин;
z — число цилиндров.

$$F_ц = \frac{\pi d_ц^2}{4},$$

где $d_ц$ — диаметр цилиндра, м

Пример. Определить теоретическую объемную производительность поршневого двухцилиндрового фреонового компрессора, если $d_ц$ 40 мм, S 45 мм, n 650 об/мин.

Р е ш е н и е. Числовые значения параметров подставляем в формулу

$$V_h = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}04^2}{4} \cdot 0{,}045 \cdot 650 \cdot 2 \cdot 60 = 4{,}41 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Действительная объемная производительность. Действительный рабочий процесс компрессора отличается от теоретического главным образом наличием в цилиндре мертвого пространства, гидравлического сопротивления клапанов, подогрева всасываемого пара от стенок цилиндра, неплотности в клапанах и поршневых кольцах, возможности конденсации пара на холодных стенках цилиндра и свойств фреона растворяться в масле при сжатии паров.

На рис. 13, *б* представлена индикаторная диаграмма, показывающая действительный характер изменения давления паров в цилиндре компрессора по ходу поршня. Точка *4* соответствует началу открытия всасывающего клапана, точка *1′* — моменту его закрытия; точка *2* — началу открытия нагнетательного клапана, точка *3′* — моменту его закрытия.

М е р т в о е п р о с т р а н с т в о. Мертвое пространство поршневого компрессора представляет собой объем, заключенный между клапанами и днищем поршня в момент нахождения его в верхней мертвой точке.

Основной причиной существования мертвого пространства является линейный зазор между днищем поршня и клапанной доской (не менее 0,01 диаметра цилиндра),

предназначенной для компенсации удлинения поршня и шатуна при их нагревании, а также возможной неточности, допущенной при изготовлении деталей и сборке компрессора. В мертвое пространство входит также объем углублений и отверстий клапанов и объем кольцевого зазора между стенкой цилиндра и поршнем (до первого кольца).

В быстроходных компрессорах объем мертвого пространства составляет от 3 до 5% объема цилиндра. В современных малых герметичных компрессорах объем мертвого пространства снижен до 2%.

Расширение паров, остающихся в мертвом пространстве цилиндра, уменьшает объем всасывания, а следовательно, и производительность компрессора. Чем больше объем мертвого пространства, тем значительнее снижение действительной производительности компрессора. Поэтому мертвое пространство называют иногда «вредным» пространством.

Процесс расширения паров, оставшихся в мертвом пространстве, соответствует линии *3—4* индикаторной диаграммы, процесс всасывания — линии *4—1*, процесс сжатия — линии *1—2*, процесс нагнетания сжатых паров — линии *2—3*. *С* — объем мертвого пространства, $V_с$ — объем цилиндра, занимаемый паром при расширении из мертвого пространства, $V_п$ — объем, описанный поршнем.

Гидравлическое сопротивление при всасывании и нагнетании. Вследствие наличия гидравлического сопротивления клапанов и каналов давление в цилиндре во время заполнения нужно поддерживать несколько ниже давления в испарителе, а при нагнетании — выше давления в конденсаторе. С понижением давления всасывания удельный объем поступающего в цилиндр пара увеличивается, а его плотность и масса уменьшается. Возрастание давления нагнетания приводит к увеличению объема пара, остающегося в мертвом пространстве. Таким образом, сопротивление при всасывании и нагнетании приводит к снижению объемной производительности компрессора.

Подогрев пара при всасывании. Поступающие в цилиндр холодные пары холодильного агента подогреваются нагревшимися в процессе сжатия стенками цилиндра, днищем поршня, поверхностями крышек и клапанов. Вследствие этого удельный объем всасываемого пара увеличивается, а его масса уменьшается, при этом

объемная производительность при установившемся режиме температур снижается.

Влияние утечки пара через неплотности на производительность компрессора. При работе действительного компрессора наблюдаются утечки пара из цилиндра из-за недостаточно плотного прилегания клапанных пластин к седлу, в замках поршневых колец и в местах их прилегания к стенкам цилиндра. В процессе всасывания через неплотный нагнетательный клапан часть пара из нагнетательной полости поступает обратно в цилиндр, а при сжатии через всасывающий клапан и поршневые кольца часть пара возвращается из цилиндра во всасывающую полость или картер компрессора.

Утечки пара через неплотности снижают объемную производительность компрессора. При нормальных условиях работы компрессора потери составляют 3—4% от объема цилиндра. При плохом прилегании клапанов и изношенных поршневых кольцах такие потери значительно возрастают.

В фреоновых компрессорах при сжатии повышается растворимость фреона в смазочном масле, а при всасывании, когда давление паров понижается, происходит выделение (возгонка) паров фреона из масла, находящегося в этот момент в цилиндре компрессора. Вследствие этого уменьшается действительный объем паров, всасываемых компрессором.

При всасывании холодных паров и особенно при работе влажным ходом стенки цилиндров значительно охлаждаются. Поэтому при сжатии пара возможна конденсация пара на холодных стенках (в районе всасывающего клапана). При обратном ходе поршня давление падает и жидкий холодильный агент, выкипая, занимает часть объема цилиндров, уменьшая действительную производительность компрессора.

Подогрев всасываемого пара в теплообменнике практически исключает эти потери.

Индикаторная диаграмма действительного процесса в поршневом компрессоре состоит из всасывания, сжатия, нагнетания и расширения паров, остающихся в мертвом пространстве. Описанный поршнем объем меньше объема цилиндра на величину мертвого пространства. Действительный объем $V_д$ поданных в цилиндр паров меньше объ-

ема, описанного поршнем, из-за объемных потерь.

Коэффициентом подачи компрессора называется отношение объема паров холодильного агента, действительно отведенных в компрессор $V_д$ к объему V_h, описанному поршнем

$$\lambda = \frac{V_д}{V_h}.$$

На величину коэффициента подачи влияют величина мертвого пространства, степень сжатия, сопротивления потоку пара при всасывании и нагнетании, неплотности в прилегании деталей, подогрев паров при всасывании, растворение холодильного агента в масле, конденсация пара в цилиндре, конструкция компрессора и другие факторы. Но, главным образом, коэффициент подачи зависит от величины мертвого пространства и степени сжатия, а следовательно от температурного режима работы холодильной машины.

Мощность и энергетические коэффициенты компрессора. Теоретическая мощность $N_т$ (в Вт) идеального компрессора, работающего без трения в сопряженных деталях при адиабатическом (без теплообмена с окружающей средой) процессе сжатия и без объемных потерь, определяется по формуле

$$N_т = M \cdot l_{км},$$

где M — производительность идеального компрессора, кг/с;
$l_{км} = i_2 - i_1$ — теоретическая работа, затраченная на 1 кг холодильного агента в идеальном компрессоре, Дж/кг.

Мощность, затрачиваемая непосредственно в цилиндре действительного компрессора, называется индикаторной. Индикаторная мощность N_i может быть вычислена из индикаторной диаграммы.

В действительном процессе затрата энергии на сжатие паров в цилиндре больше, чем в теоретическом. Затрата энергии увеличивается за счет теплообмена пара со стенками цилиндра и сопротивлений при всасывании и нагнетании. Увеличение затрачиваемой энергии в действительном процессе по сравнению с теоретическим характеризуется индикаторным коэффициентом полезного действия η_i.

Индикаторный к.п.д. представляет собой отношение теоретической работы, затраченной на 1 кг холодильного агента в идеальном компрессоре к индикаторной работе,

затраченной на 1 кг холодильного агента в действительном компрессоре

$$\eta_i = \frac{l_{км}}{l}.$$

Однако индикаторный к.п.д. не учитывает мощности, затрачиваемой на трение в кривошипно-шатунном механизме и других узлах компрессора.

Механическим к.п.д. называется отношение индикаторной мощности N_i к мощности, затрачиваемой на валу компрессора — эффективной мощности, N_e.

$$\eta_м = \frac{N_i}{N_e}.$$

Для современных быстроходных компрессоров холодильных машин механический к.п.д. бывает в пределах 0,7—0,9; максимальное значение $\eta_м$ относится к машинам больших размеров.

Удельная холодопроизводительность компрессора. Важной характеристикой при сравнении различных компрессоров по затрачиваемой мощности является удельная холодопроизводительность. Эффективной удельной холодопроизводительностью K_e называется отношение холодопроизводительности компрессора к эффективной мощности

$$K_e = \frac{Q_0}{N_e}.$$

При характеристике герметичных и бессальниковых компрессоров чаще используют удельную электрическую холодопроизводительность компрессора $K_э$.

Удельная холодопроизводительность $K_э$ и потребляемая мощность компрессора зависят от температур кипения и конденсации. Более заметно на величину удельной холодопроизводительности влияет температура кипения. Например, повышение температуры на 1°С (в аммиачных холодильных машинах) приводит к увеличению удельной холодопроизводительности на 5,5%.

Сухой и влажный ход компрессора. При работе холодильной машины в цилиндр компрессора поступают обычно перегретые пары холодильного агента, но в отдельных случаях могут поступать и влажные пары.

При подаче в цилиндр перегретых паров работу компрессора называют работой сухим ходом, а при подаче влажных паров — работой влажным ходом.

Работа компрессора влажным ходом не рекомендуется по следующим причинам: частицы жидкости, попадая на нагретые стенки цилиндра, охлаждают металл, что приводит к большим колебаниям температур, возникновению термических напряжений и преждевременному износу деталей клапанов, крышек, клапанных досок и пр. При влажном ходе компрессора в цилиндре может накапливаться жидкость, в результате чего появляются гидравлические удары и может произойти авария.

При работе сухим ходом недостатки, относящиеся к влажному ходу, устраняются. При всасывании перегретого пара компрессор работает устойчиво, а суммарная холодопроизводительность его больше, чем при влажном ходе. Сухой ход компрессора обеспечивается соответствующим регулированием подачи холодильного агента в испаритель для поддержания в нем необходимого уровня кипящей жидкости и применением теплообменников и отделителей жидкости.

Для работы сухим ходом перегрев пара перед компрессором в аммиачных холодильных машинах поддерживают на 5—10° С, во фреоновых на 15—20° С.

Увеличение перегрева на всасывании сверх этих значений может привести к слишком высокой температуре в конце сжатия. Работа при высокой температуре сжатия (более 135° С для аммиачных машин и более 100° С для фреона-12) ухудшает условия смазки компрессора и опасна из-за возможного разложения и вспышки масла, кроме того, несколько снижается производительность компрессора.

Значения температуры в конце сжатия при всасывании перегретого на 10° С пара приведены в табл. 7 и 8. При этом дополнительный перегрев на всасывании примерно на столько же градусов увеличивает температуру в конце сжатия по сравнению с табличными значениями. У компрессоров с водяным охлаждением цилиндров температура сжатия меньше.

Пример. Для аммиачного компрессора, работающего в режиме $t_0 = -20°$ С, $t_к = 30°$ С температура сжатия при всасывании насыщенного пара равна 123° С (см. табл. 8). При перегреве на всасывании 10° С температура сжатия станет примерно 133° С. При охлаждении цилиндров водой ее можно снизить на 20—30° С.

Холодопроизводительность компрессора. Холодопроизводительность компрессора Q_0 определяется по действительной объемной производительности $V_д$ и удельной объемной холодопроизводительности паров холодильного агента q_v.

Таблица 7

Температура кипения фреона-12, °С	Температура (в °С) паров фреона-12 в конце сжатия в зависимости от температуры конденсации, °С						
	20	25	30	35	40	45	50
+ 5	31	37	44	49	54	60	66
— 5	34	39	45	50	55	61	67
—10	36	41	47	52	57	63	69
—15	38	43	49	55	59	65	71
—20	40	46	51	57	61	67	73
—25	42	48	53	58	63	69	75
—30	44	50	55	61	66	72	77

Таблица 8

Температура кипения аммиака °С	Температура (в °С) паров аммиака в конце сжатия в зависимости от температуры конденсации, °С					
	20	22	24	26	28	30
— 6	62	68	73	78	83	89
— 8	66	72	77	83	88	93
—10	71	77	82	87	93	98
—12	75	81	86	91	97	103
—14	80	86	90	96	102	108
—16	84	90	96	101	107	113
—18	89	95	101	106	112	118
—20	93	100	106	111	117	123
—22	98	105	111	116	122	128
—24	103	111	117	122	127	133
—26	109	116	122	127	131	137
—28	114	121	127	132	135	140
—30	120	127	131	135	139	143

Поскольку $V_д = V_h \lambda$, холодопроизводительность может быть выражена следующей формулой:

$$Q_0 = V_h q_v \lambda,$$

где V_h — объем, описанный поршнем, м³/с;
q_v — удельнаи объемная холодопроизводительность холодильного агента, Дж/м³;
λ — коэффициент подачи компрессора.

Холодопроизводительность одного и того же компрессора зависит от температурных условий работы и может изменяться в широких пределах. При понижении температуры кипения увеличивается удельный объем всасываемого пара, а его удельная объемная холодопроизводительность при этом уменьшается. Следовательно, при понижении температуры кипения холодопроизводительность уменьшается, а при повышении — увеличивается.

Увеличение степени сжатия снижает коэффициент подачи, поэтому с повышением температуры конденсации холодопроизводительность уменьшается, а при понижении — увеличивается. На холодопроизводительность влияет также и температура переохлаждения жидкого холодильного агента после конденсатора: чем ниже температура переохлаждения, тем выше холодопроизводительность.

Ввиду того что холодопроизводительность компрессора зависит от температурных условий, сравнение отдельных компрессоров по холодопроизводительности возможно только при одинаковых условиях их работы. Такие условия определены следующими температурами: кипения, конденсации, всасываемых паров и переохлаждения жидкости перед регулирующим вентилем.

Таблица 9

Температурный режим	Температура, °С			
	кипения	конденсации	всасывания	переохлаждения
Стандартный для аммиачных компрессоров	—15	30	—10	25
Стандартный для фреоновых компрессоров	—15	30	15	25
Плюсовой для фреоновых компрессоров	5	40	15	35
Низкотемпературный для фреоновых компрессоров	—35	30	15	25

Температурные режимы сравнительных условий приведены в табл. 9.

Конструкция основных деталей поршневых вертикальных и У-образных компрессоров

Наиболее распространены поршневые компрессоры. Одноцилиндровый поршневой компрессор (рис. 14) состоит из следующих основных частей картера *1*, цилиндра *2*, поршня *3*, клапанной доски *4*, крышки *5*, всасывающего клапана *6*, нагнетательного клапана *7*, шатуна *8*, коленчатого вала *9* и маховика *10*.

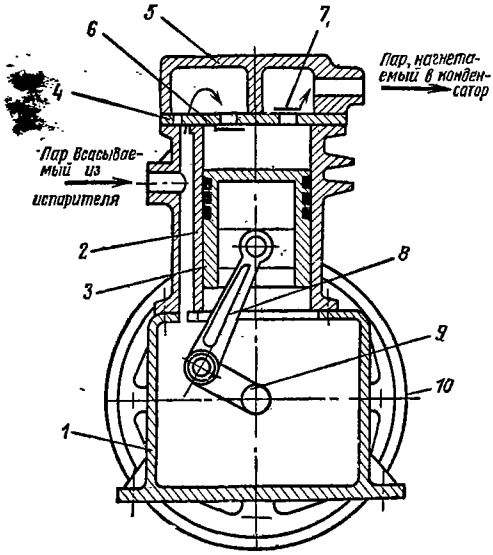


Рис. 14. Схема поршневого компрессора.

При работе поршневого компрессора вращательное движение коленчатого вала, с помощью кривошипно-шатунного механизма преобразуется в прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня в цилиндре. При движении поршня вниз объем цилиндра увеличивается, а давление оставшегося в нем пара (газа) уменьшается. Когда давление в цилиндре станет меньше давления в линии вса-

сывания компрессора, открывается всасывающий клапан *6* и свежие пары заполняют цилиндр. Заполнение цилиндра (всасывание) продолжается до тех пор, пока поршень не достигнет своего крайнего нижнего положения (нижней мертвой точки — н.м.т.). В нижней мертвой точке поршень меняет направление своего движения и начинает перемещаться вверх, а всасывающий клапан закрывается. После закрытия всасывающего клапана поршень начинает сжимать находящиеся в цилиндре пары и давление их увеличивается. Когда давление в цилиндре станет больше давления за компрессором, открывается нагнетательный клапан *7* и с этого момента поршень нагнетает сжатые пары в нагнетательную полость и далее в конденсатор. Из крайнего верхнего положения (в.м.т.) снова начинается движение поршня вниз, и описанные процессы работы компрессора повторяются.

Картер. Картер является базовой деталью компрессора, на нем крепятся цилиндры, вал, сальник, масляный насос и другие вспомогательные узлы или отдельные детали.

Картер, отлитый из серого чугуна СЧ-18-36, представляет собой пустотелую конструкцию с окнами для монтажа и осмотра сборных деталей, гнездами для подшипников и фланцевыми приливами для крепления деталей. Внутреннее пространство в нижней части картера служит емкостью для смазочного масла, заливаемого в компрессор. В стенке или крышке имеется запорный вентиль для слива масла и смотровое стекло для наблюдения за уровнем масла.

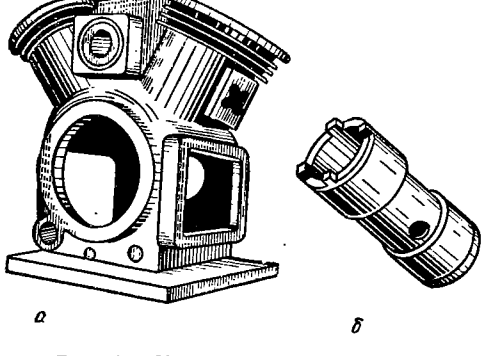
Картер, изготовленный в виде одной детали с цилиндрами, называют блок-картером (рис. 15), в нем имеются гнезда для сменных цилиндровых гильз.

У картера и блок-картера сложная конфигурация, они должны быть жесткими и достаточно прочными, так как находятся под давлением паров холодильного агента.

Цилиндры. В вертикальных и У-образных компрессорах два цилиндра отливаются одной деталью и называются блоком цилиндров. Блок цилиндров литой из серого чугуна с присадкой 1—2% никеля, внизу имеет фланцевый прилив для крепления к картеру; на боковых стенках расположены полости всасывания и нагнетания; на верхней части — литые ребра воздушного охлаждения или рубашки водяного охлаждения. Внутренняя рабочая поверхность цилиндров (зеркало цилиндров) обрабатывает-

ся шлифованием (8—9 класс) и не должна иметь раковин, пленок и механических повреждений.

В блок-картерных компрессорах цилиндры делаются вставными в виде чугунных гильз, которые устанавливаются в гнездах цилиндровой части блок-картера с прессовой посадкой.



а *б*

Рис. 15. Цилиндры компрессора:
а — блок-картер; *б* — гильза цилиндра.

Сверху цилиндры закрываются двумя крышками — внутренней и наружной, которые крепятся к цилиндрам с помощью шпилек или болтов и уплотняются прокладками из листового паронита или специальной резины. У фреоновых компрессоров внутренние крышки называются клапанной доской, потому что на них размещаются всасывающие и нагнетательные клапаны. Поверхность клапанной доски с двух сторон обрабатывается шлифованием, а затем — притиркой на плите. В аммиачных компрессорах внутренняя крышка называется крышкой безопасности (ложной), предназначенной для устранения гидравлических ударов в цилиндре компрессора. Она притирается к торцу цилиндра и прижимается буферной пружиной, обеспечивающей плотное прилегание крышки при перепадах давления до $(3—3{,}5)10^5$Па.

Наружные крышки преимущественно делают литыми чугунными различными по форме — плоскими, сферическими или коробчатыми с внутренней перегородкой.

Коренные подшипники. Коренные подшипники служат опорами коленчатого вала компрессора. Применяют либо

подшипники качения (шариковые, роликовые), либо скольжения. Шариковые и роликовые подшипники изготовляют на специализированных заводах и подбирают по сериям и номерам. Их устанавливают в гнезда торцевой стенки картера и опорной крышки на холодной прессовой посадке. Подшипники скольжения применяют в виде бронзовых втулок, запрессованных в стенки картера (у малых компрессоров), или в виде отдельных стальных вкладышей,

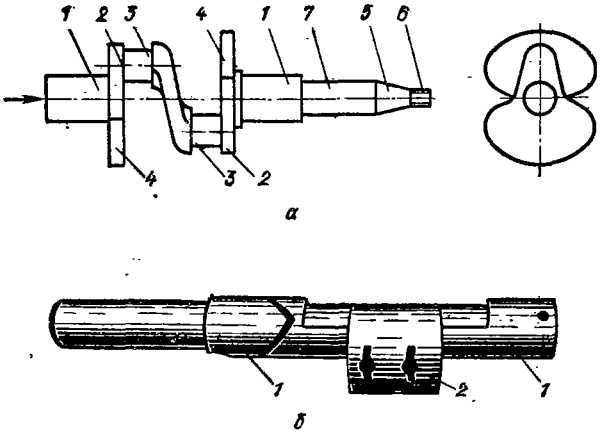


Рис. 16. Вал компрессора:

а — коленчатый вал: *1* — коренные шейки, *2* — щеки, *3* — шатунная шейка, *4* — противовес, *5* — шейка вала под маховик, *6* — хвостовик вала под гайку, *7* — шейка вала под сальник; *б* — эксцентриковый вал: *1* — коренные шейки, *2* — эксцентриковая шейка.

залитых слоем баббита толщиной 4—6 мм. На внутренней поверхности подшипника, прилегающей к шейке вала, имеются поперечные и продольные канавки для равномерного распределения смазочного масла по шейке вала, а на верхнем вкладыше просверлено отверстие для подачи масла.

В разъемных подшипниках между половинками вкладышей уложен набор металлических пластин разной толщины для регулирования радиального зазора.

Вал компрессора. По конструкции валы компрессоров холодильных машин могут быть коленчатые, эксцентриковые или прямые.

Коленчатый вал (рис. 16,*а*) для поршневых компрессоров изготовляется одноколенным, двухколенным с расположением колен под углом 180° или числом колен, кратным числу цилиндров.

Коленчатый вал состоит из коренных шеек, шатунных шеек, удлиненного конца вала с конусом, канавкой для шпонки и резьбой для крепления маховика. На щеках коленчатых валов имеются закрепленные болтами противовесы, предназначенные для уравновешивания сил инерции. У компрессоров с принудительной подачей смазочного масла в шейках и щеках высверлены каналы с выходом на поверхность.

При работе компрессоров в коленчатом валу возникают переменные по величине напряжения на изгиб, на срез и от крутящего момента и поэтому их изготовляют из качественной стали марок 40, 45 и 40Х коваными или штампованными.

Шейки вала обработаны шлифованием по 7—8 классу. Переход от образующей шейки к щеке (галтель) выполняют плавным по радиусу, величина которого зависит от размера диаметра шейки.

Эксцентриковые валы (рис. 16,*б*) применяют в герметичных и ротационных компрессорах с катящимся ротором. Их используют в ротационных компрессорах с вращающимся ротором и в турбокомпрессорах.

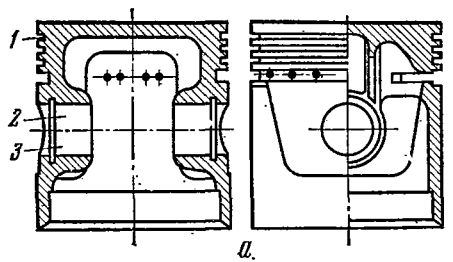
Поршни и поршневые кольца. У вертикальных и У-образных компрессоров применяют поршни непроходные, с верхним сплошным дном (в непрямоточных компрессорах) или проходные с отверстиями и окнами для прохода паров холодильного агента (в прямоточных компрессорах). Для уменьшения массы поршни изготовлены пустотелыми и открытыми со стороны картера. На внутренней поверхности в местах отверстий для поршневого пальца имеются приливы (бобышки).

Непроходные поршни (рис. 17,*а*) изготовляются литыми из высококачественного чугуна марки СЧ-21-40, СЧ-24-44 или из алюминиевого сплава марки Ал-5 (без присадки магния). Канавки для поршневых колец расположены в верхней части.

Поршни для герметичных компрессоров изготовляют из углеродистой стали А-12. Вместо поршневых колец на их поверхности проточены неглубокие канавки для сбора и равномерного распределения масла в зазоре между порш-

нем и цилиндром. Диаметр поршней меньше диаметра цилиндра на величину зазора, равного 0,001 диаметра цилиндра.

Проходные поршни (рис. 17,б) изготавливают из чугуна. Форма поршней удлиненная, внутри (примерно посередине) расположена перегородка, отделяющая полость всасывания от пространства картера На верхней



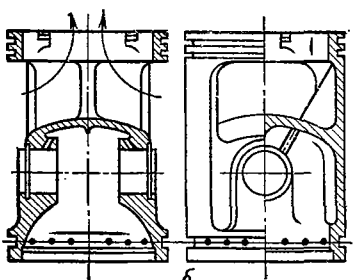
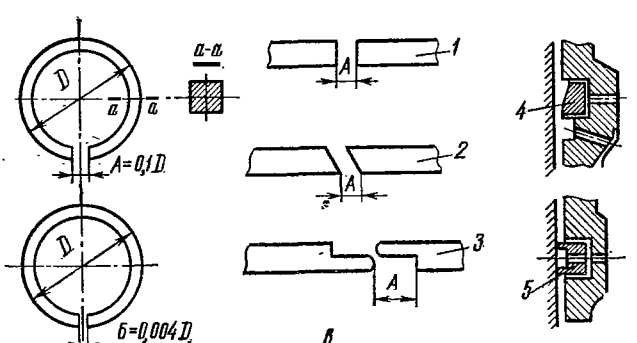


Рис. 17. Поршни и поршневые кольца:

а — поршень для непрямоточного компрессора: *1* — канавки для поршневых колец, *2* — отверстия для поршневого пальца, *3* — кольцевая выточка для пружинного кольца; *б* — поршень для прямоточного компрессора; *в* — поршневые кольца: *А* — упругий зазор, *Б* — тепловой зазор, *1* — прямой замок, *2* — косой замок, *3* — замок внахлестку, *4* — маслосъемное кольцо с конусом, *5* — маслосъемное кольцо с прорезями.



части поршня имеются два боковых окна, постоянно соединенных с полостью всасывания компрессора. Днищем поршня служит всасывающий клапан, закрепленный на поршне болтами. На боковой наружной поверхности поршня проточены канавки для поршневых уплотнительных колец. На нижней части расположены отверстия для пальца и непосредственно у нижней кромки — канавка для маслосъемного кольца.

Поршневые пальцы предназначены для подвижного соединения поршней с шатунами. В вертикальных и У-образных компрессорах преимущественно применяют пальцы плавающего типа, пустотелые, из углеродистой стали марки Ст. 3, сталь 15 или сталь 20. Внешнюю рабочую поверхность пальцев цементируют на глубину 0,4—0,6 мм с последующей закалкой, затем шлифуют до достижения требуемого диаметра отверстий в поршне с допуском на холодную прессовую посадку. Для предотвращения осевого перемещения пальца, в кольцевых выточках отверстий поршня, устанавливают пружинные кольца. В малых фреоновых компрессорах в торцевые отверстия пальца вставляют бронзовые или алюминиевые пробки.

Поршневые кольца (рис. 17,*в*) по назначению делятся на уплотнительные (компрессионные) и маслосъемные.

Уплотнительные кольца, устанавливаемые в верхних канавках поршня, создают упругое подвижное уплотнение в зазоре между стенкой цилиндра и движущимся поршнем.

Маслосъемные кольца, устанавливаемые в нижней канавке поршня, удаляют избыток масла со стенок цилиндра.

Поршневые кольца для компрессоров с цилиндрами диаметром от 40 до 200 мм изготовляют из мелкозернистого плотного чугуна марки СЧ-24-44.

Поршневые кольца разрезные, поперечное сечение квадратное. Место разреза колец называется замком. Он бывает прямой, косой или внахлестку (ступенчатый). После разреза кольцо разводят и термической обработкой снимают напряжение. Зазор в разведенном состоянии (упругий зазор) равен дуге длиной примерно 0,1 диаметра цилиндра. Упругий зазор обеспечивает постоянное равномерное усилие прижатия кольца к стенкам цилиндра вследствие его внутренней упругости. В рабочем положении, когда кольцо будет установлено в цилиндре, в замке оставляется

тепловой зазор, равный 0,004 диаметра цилиндра. Тепловой зазор предназначается для компенсации удлинения кольца при нагревании.

Маслосъемные кольца по конструкции аналогичны уплотнительным и изготовляются по тем же техническим нормам. Они бывают двух видов: с фаской (на поверхности прилегания к цилиндру) на 2/3 высоты кольца и по толщине до 1 мм; или с щелевыми сквозными отверстиями, расположенными по окружности посредине кольца. Кольца с фаской удаляют избыточное масло со стенок цилиндра при движении поршня вниз; кольца с щелевыми отверстиями — непрерывно.

Поршневые кольца изготовляются двумя способами: методом индивидуального литья каждого кольца с необходимым припуском на механическую обработку или нарезанием пустотелой чугунной литой болванки (маслоты) с предварительной и чистовой обработкой на токарном и шлифовальном станках. Во время изготовления кольца подвергаются термической обработке — отжигу и нормализации. Размер колец по высоте доводится на плоскошлифовальном станке с магнитным столом.

Шатуны. Шатуны компрессоров (рис. 18) представляют собой стержни с двумя головками. Верхней головкой шатуны соединяются шарнирно с поршнем. Головка делается неразъемной с бронзовой втулкой (БроФ-6,5-1,5), запрессованной в ее отверстие. Нижней головкой шатун соединяется с коленчатым валом. Она делается разъемной, и части скрепляются двумя шатунными болтами. В плоскости разъема нижней головки с двух сторон устанавливается одинаковый набор металлических прокладок толщиной от 0,05 до 1 мм для регулирования теплового зазора в подшипнике. В шатунах с прямым разъемом внутренняя поверхность головки заливается баббитом марки Б-83, Б-16, БН (баббит марки Б-83 применяют на быстроходных крупных компрессорах).

В шатунах компрессоров средней и крупной холодопроизводительности баббит заливают в отдельные стальные вкладыши. Для лучшего сцепления баббита с телом шатуна или вкладыша на их внутренней поверхности сделаны канавки в форме «ласточкин хвост», которые перед заливкой дополнительно покрываются слоем полуды. Залитый в подшипник баббит предварительно обрабатывают по размеру шатунной шейки вала на расточном станке, а затем

тщательно пришабривают по краске. Для подачи на шатунную шейку смазочного масла на поверхности баббита делают проходные отверстия и распределительные канавки.

В шатунах с косым разъемом нижней головки применяют сменные тонкостенные вкладыши. Прокладки в разъеме не ставят. Такие вкладыши изготовляют из стальной ленты толщиной 0,9—3 мм и заливают баббитом слоем 0,25—0,7 мм без пришабривания.

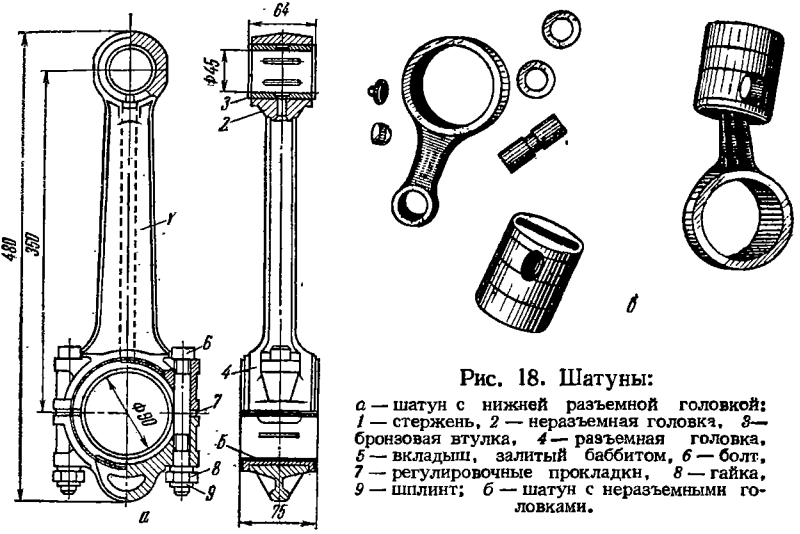


Рис. 18. Шатуны:
а — шатун с нижней разъемной головкой: *1* — стержень, *2* — неразъемная головка, *3* — бронзовая втулка, *4* — разъемная головка, *5* — вкладыш, залитый баббитом, *6* — болт, *7* — регулировочные прокладки, *8* — гайка, *9* — шплинт; *б* — шатун с неразъемными головками.

Для компрессоров типа 2ФВ-4/4,5 шатуны делаются из алюминиевого сплава (силумина) с бронзовыми втулками в обеих головках, заливаемые вместе с отливкой шатунов. У герметичных компрессоров применяют бронзовые шатуны с неразъемными головками.

Шатунные болты являются деталями первостепенного значения, от их прочности зависит надежная и безаварийная работа компрессора. Шатунные болты изготовляют из качественной углеродистой или легированной стали 38ХА, 40ХА, 2ХНВА. Болты вытачивают на станке из заготовки. По техническим условиям на поверхности шатунных болтов не должно быть пленок, подрезов и рисок глубиной

более 0,1 мм. Переход от стержня к головке болта должен выполняться закругленным по радиусу. Резьба мелкая метрическая, сбег резьбы плавный. Гайки шатунных болтов делают корончатыми под шплинт или с другими надежными креплениями против самоотвинчивания. Материалом служит сталь 35 или сталь 40.

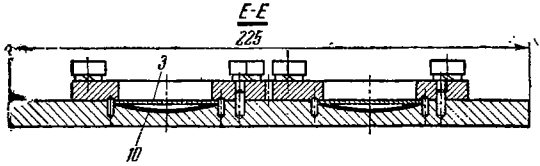
Всасывающие и нагнетательные клапаны. Клапаны компрессоров холодильных машин являются самодействующими: они открываются и закрываются автоматически при разности давлений. Упругие силы пружин используются для быстрого закрытия клапана, а также преодоления инерции пластин при выравнивании давлений с обеих сторон.

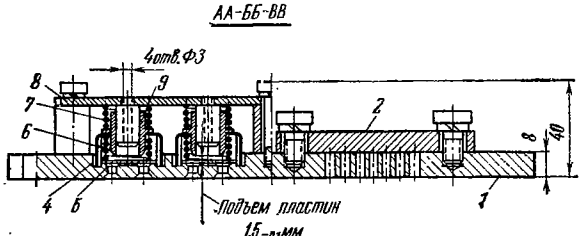
В быстроходных современных компрессорах применяются три основных типа пластинчатых клапанов — кольцевые, пятачковые и полосовые — ленточные (рис. 19).

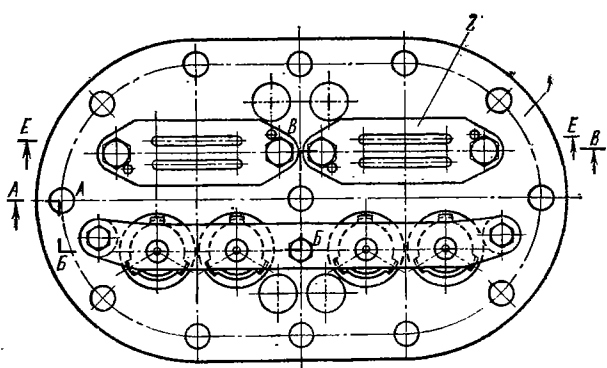
Пластинчатые кольцевые клапаны распространены в компрессорах средней и крупной холодопроизводительности, частота вращения вала которых не превышает 1000 об/мин. Такие клапаны состоят из четырех основных частей: седла, кольцевой пластины (толщиной 1—2 мм), розетки и пружины. Для прохода паров в седле и розетке сделаны круглые или удлиненные отверстия. Пластина перемещается в направляющих выступах розетки и имеет ограничение подъема в пределах 1—2,5 мм. Пластины расположены между седлом и розеткой, а последние соединены шпильками или болтами и шплинтуются. Прилегающие поверхности пластин и кольцевые выступы седла притерты. Седло изготовляется из стали 35, стали 45, а пластины из легированных сталей марки 38ХА, 30ХГСА с термообработкой до твердости 48—50 единиц по Роквеллу.

В компрессорах с частотой вращения вала более 1000 об/мин применяются пятачковые и полосовые клапаны с толщиной пластин 0,25—1 мм.

Пятачковые нагнетательные клапаны (рис. 19,*б*) состоят из пятачковой пластины, пружины, розетки, буферной пружины, траверсы и деталей крепления. Седлом служит поверхность клапанной доски. Клапанная пластина круглой формы притерта к кольцевому выступу на клапанной доске и прижата пружиной пластины. Розетка (направляющий стакан) обеспечивает направление пластин при обратной посадке на седло. Буферная







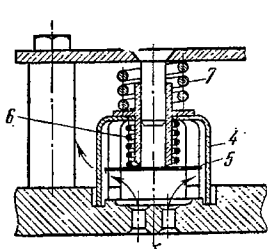


Рис. 19. Клапаны:

а — всасывающий полосовой; *б* — пятачковый нагнетательный; *1* — клапанная доска; *2* — седло всасывающего клапана; *3* — пластина всасывающего клапана; *4* — розетка нагнетательного клапана; *5* — пластина нагнетательного клапана; *6* — пружина; *7* — буферная пружина; *8* — траверса; *9* — направляющая втулка; *10* — буферная пластина.

пружина поддерживает клапан в сборе и предназначена для устранения гидравлических ударов путем максимального открытия проходного сечения клапана в случае попадания в цилиндр жидкого холодильного агента.

Всасывающий полосовой клапан (рис. 19,*а*) состоит из одной или нескольких самопружинящих пластин ленточной формы. Седлом является стальная каленая накладка с отверстиями щелевой формы. Розеткой является клапанная доска, в которой сделаны пазы, соответствующие прогибу пластин. Под действием разности давлений во всасывающей полости и цилиндре лента прогибается и открывает проход паров холодильного агента через щели в накладке и отверстия в клапанной доске. При уравнивании давлений в цилиндре и всасывающей полости ленты выпрямляются и перекрывают щели накладок.

Пятачковые и полосовые пластины клапанов изготовляются из светлой холоднотянутой стальной ленты (сталь марки 70С2ХА или У10А, твердостью 500 единиц по Виккерсу). Цилиндрические пружины клапанов изготовлены из специальной пружинной проволоки марки «В» и «П».

Предохранительные клапаны устанавливают на компрессорах холодопроизводительностью свыше15 тыс. ккал/ч; и предназначаются они для защиты их от недопустимо повышенного давления на стороне нагнетания. В компрессорах меньшей производительности для защиты устанавливают реле давления.

Применяемые пружинные предохранительные клапаны устанавливаются в стенке или на канале, разделяющем полость всасывания и нагнетания. Пружина прижимает клапан к седлу с силой, эквивалентной предельному давлению нагнетания. При большем давлении клапан поднимается, преодолевая упругую силу пружины, и пропускает пары холодильного агента на сторону всасывания.

Сальники. Сальники являются подвижным уплотнением конца вала компрессора, выходящего из картера для соединения с маховиком или муфтой. Сальник предназначен для предотвращения утечки холодильного агента из картера компрессора. В современных вертикальных и У-образных компрессорах применяют сальники с подвижным торцевым управлением. Их достоинство заключается в том, что обеспечивая необходимую плотность картера, они надежны в работе и не подвергают износу поверхность вала. По конструкции различают сильфонные и бессильфонные

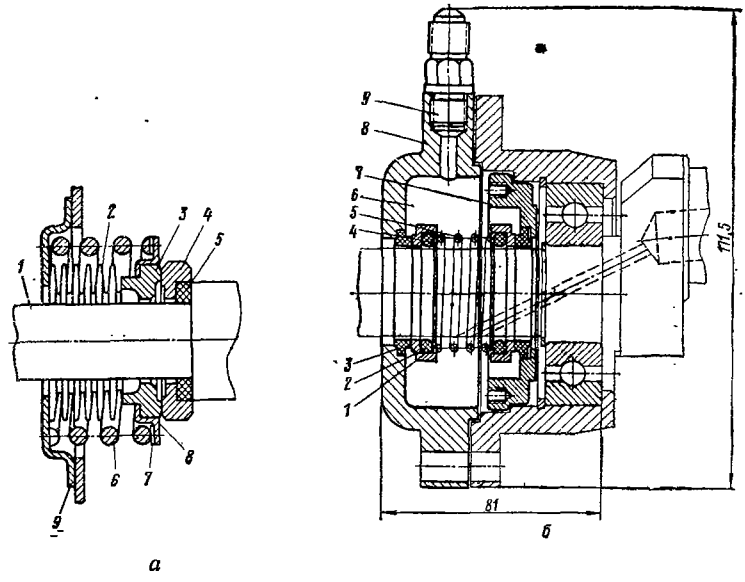
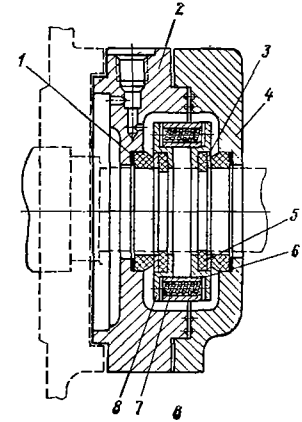


Рис. 20. Сальники:

а — сильфонный: *1* — вал, *2* — сильфон, *3* — бронзовая пятка, *4* — стальное кольцо, *5* — резиновое кольцо, *6* — пружина, *7* — кольцо, *8* — два полукольца, *9* — направляющий стакан; *б* — бессильфонный двусторонний: *1* — стальное кольцо, *2* — резиновое кольцо, *3* — графитовое кольцо, *4* — шайба, *5* — пружина, *6* — масляная камера, *7* — втулка, *8* — крышка сальника, *9* — штуцер; *в* — многопружинный: *1* — графитовое кольцо, *2* — корпус, *3* — стальное кольцо трения, *4* — крышка, *5* — резиновое кольцо, *6* — сепаратор, *7* — пружины, *8* — обойма.



сальники с металлическими или графитными кольцами трения.

Сильфонные сальники применяют на малых фреоновых компрессорах с валом диаметром менее 40 мм. На рис. 20,*а* показан сильфонный сальник компрессора 2ФВ-6,5 (ФВ-4), состоящий из резинового, стального и бронзового колец, сильфона, пружины, направляющего стакана и крышки. На вал компрессора устанавливается с натягом кольцо из специальной фреоно-маслостойкой резины. На него надето стальное кольцо, торцевая поверхность которого зацементирована и притерта по плите. Оба кольца вращаются вместе с валом. Бронзовое кольцо припаяно к торцевой кромке сильфона (гофрированной двухслойной латунной трубке), сильфон — к направляющему стакану. Цилиндрическая пружина, растягивая сильфон, с равномерным усилием прижимает бронзовое кольцо к плоскости стального кольца. Бронзовое кольцо, сильфон, пружина неподвижны. Сальник обеспечивает уплотнение по валу вследствие плотного прилегания резинового кольца к валу компрессора и плотного прилегания одного к другому стального и бронзового колец.

Дополнительное уплотнение создается (в виде жидкостного затвора) смазочным маслом, находящимся в камере сальника. Неподвижные соединения уплотняются резиновыми прокладками.

Сальник пружинный двусторонний с парой трения сталь — чугун или сталь — графит (рис. 20,*б*) применяется в компрессорах средней холодопроизводительности. Два одинаковых графитовых кольца *3* запрессованы в наружную и во внутреннюю крышки камеры сальника и закреплены в картере неподвижно. Две пары резиновых и стальных колец установлены на валу симметрично. Цилиндрическая пружина между ними (предварительно сжатая) обеспечивает прижатие стальных колец к графитовым. Через камеру сальника циркулирует смазочное масло, подаваемое маслонасосом.

Сальник двусторонний многопружинный (рис. 20,*в*) применяется для компрессоров с валом диаметром более 50 мм. В сальнике находится сепаратор, в котором размещены 8 цилиндрических пружин. Сжатые пружины создают равномерное усилие через обоймы на стальные подвижные кольца, прижатые к торцевой плоскости неподвижных графитовых колец, образуя подвижное торцевое уплотнение.

Камера сальника заполнена смазочным маслом, циркулирующим под действием шестеренного масляного насоса.

Смазочные устройства. В вертикальных и У-образных компрессорах смазочное масло подается в коренные и шатунные подшипники, цилиндры, к пальцам поршней и в сальники в основном двумя способами — разбрызгиванием (барботажная смазка) и принудительной подачей под давлением.

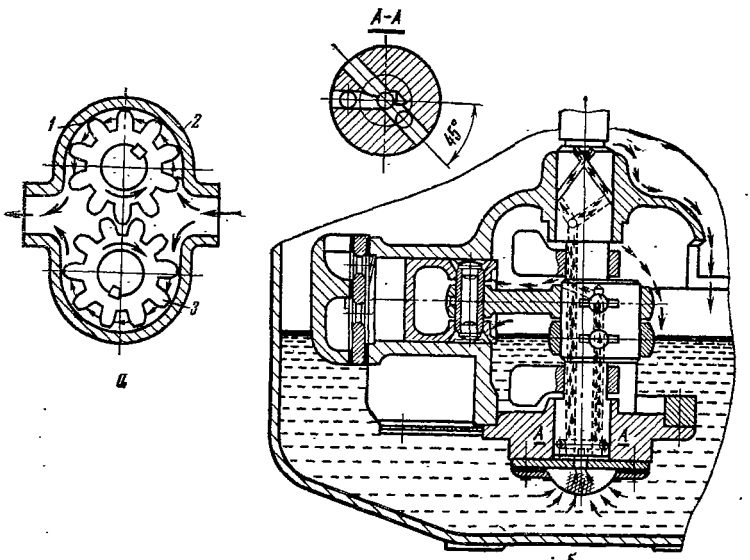


Рис. 21. Шестеренный насос:
а — схема насоса: *1* — ведущая шестерня, *2* — корпус, *3* — ведомая шестерня; *б* — схема смазки герметичного компрессора ФГ-0,7~3.

При барботажной смазке находящееся в картере масло разбрызгивается вращающимися кривошипами коленчатого вала и нижними головками шатунов, создавая масляный туман. Взвешенные частицы и капли масла попадают на зеркало цилиндров и, кроме того, скапливаются в специальных ванночках и ловушках. Из последних по специальным отверстиям масло стекает на поверхность смазываемых деталей.

Принудительная подача масла осуществляется с помощью специального масляного насоса, который подает

масло под избыточным давлением к рабочим поверхностям смазываемых деталей. В компрессорах применяют плунжерные и шестеренные масляные насосы. Но в вертикальных и У-образных компрессорах распространены только шестеренные насосы (рис. 21), которые просты по устройству и надежны в работе.

Масло к насосу поступает из картера компрессора через сетчатый фильтр. При работе насоса на его стороне всасывания масло заполняет пространство между зубьями (впадины) и стенкой корпуса и перемещается зубьями по внешним окружностям. На противоположной стороне, когда зубья шестерней входят в зацепление, масло вытесняется из впадин первой шестерни зубьями второй шестерни, и наоборот. Таким образом, масло подается в маслопровод, в фильтр тонкой очистки и далее к смазываемым деталям.

Давление масла контролируется по манометру маслонасоса и должно быть в среднем на $(0{,}5—1{,}5)\cdot 10^5$ Па выше давления в картере. Количество масла, подаваемого в систему смазки компрессора, регулируется винтом перепускного клапана сбрасыванием излишнего масла обратно в картер.

Шестеренные насосы, установленные на одной высоте с осью коленчатого вала, называются насосами незатопленного типа. Привод их осуществляется через кулачковую шайбу, расположенную непосредственно у торца вала. Насосы, размещенные в нижней части картера под уровнем масла, называют насосами затопленного типа. Их привод от коленчатого вала осуществляется через пару зубчатых колес. Для бесшумной работы привода ведущее колесо делают из текстолита, ведомое — из стали.

Приводы компрессоров. Применяют два основных привода — ременный и непосредственный.

В р е м е н н о й п е р е д а ч е применяют клиновидные прорезиненные ремни, изготовленные в форме кольца. Поперечное сечение и длина их определены ГОСТом. Каждый типоразмер обозначается литером. Например, клиновидный ремень Б-1250: ширина его 17 мм; высота 10,5 мм, угол наклона боковых плоскостей 40° и длина 1250 мм.

Н е п о с р е д с т в е н н ы й п р и в о д осуществляется через муфту полумягкого сцепления или через эластичную муфту с упругим элементом.

Упругий элемент из специальной резины обеспечивает

эластичное соединение полумуфт на валу компрессора и электродвигателя. Упругий элемент муфты при установке и вращении допускает осевое смещение валов до 2 мм, радиальное — до 1 мм и перекос осей валов до 1°.

Поршневые компрессоры малой холодопроизводительности

Поршневые вертикальные и У-образные компрессоры по конструкции делятся на герметичные, бессальниковые и открытые (с сальником). Изготовляют такие компрессоры номинальной холодопроизводительностью от 100 до 400 000 ст. ккал/ч. Для торгового холодильного оборудования используют в основном малые поршневые герметичные и открытые компрессоры холодопроизводительностью от 350 до 3000 ст. ккал/ч (400—3500 Вт).

Герметичные фреоновые компрессоры изготовляют для трех режимов работы — среднетемпературного, низкотемпературного и плюсового. В связи с этим марки герметичных компрессоров обозначаются соответственно ФГ, ФГН и ФГП. Холодильными агентами в них служат фреон-12 и фреон-22.

В герметичных компрессорах отсутствует сальник — сложный и ненадежный узел компрессора; до минимума сокращается число разъемов, так как компрессор с электродвигателем размещен в заваренном кожухе; обмотка статора охлаждается холодными парами фреона, что дает возможность значительно снизить мощность электродвигателя компрессора. У компрессоров этого типа высокая частота вращения вала (1500—3000 об/мин), повышенная надежность в работе, компактность, небольшая масса.

Компрессор ФГ-0,7~3. Этот компрессор является модернизированным компрессором марки ФГК-0,7 и служит базовым для других модификаций герметичных компрессоров.

Компрессор ФГ-0,7~3 (рис. 22) фреоновый, поршневой, двухцилиндровый, непрямоточный, герметичный. Диаметр его цилиндров 36 мм, ход поршня 18 мм, частота вращения вала 1420 об/мин, холодопроизводительность 700 ст. ккал/ч.

В компрессоре ФГ-0,7~3 принято вертикальное расположение эксцентрикового вала. Два цилиндра, отлитые из серого чугуна одной деталью с корпусом и коренным подшипником компрессора, расположены в горизонталь-

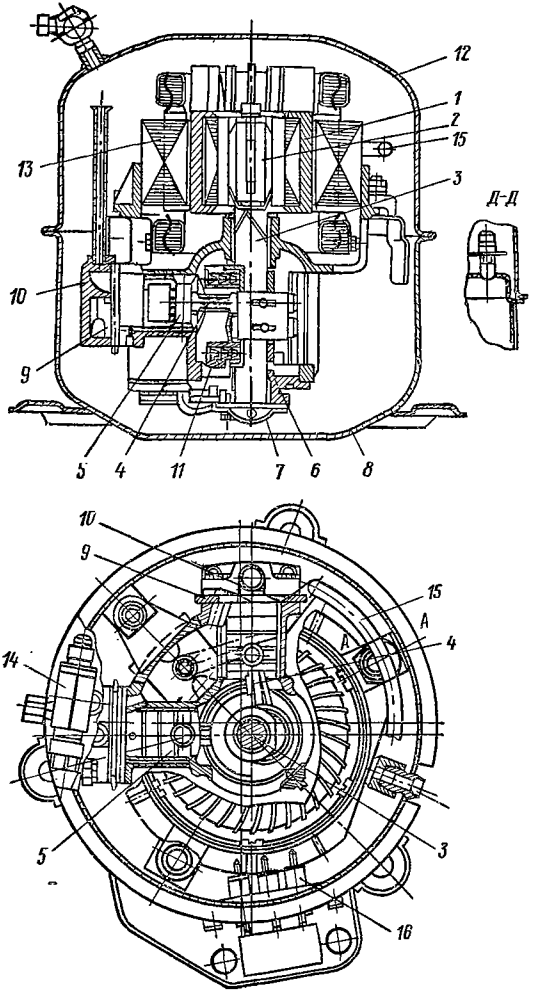


Рис. 22. Компрессор среднетемпературный ФГ-0,7~3:

1 —ротор; *2* — шпонка; *3* — эксцентриковый вал; *4* — шатун; *5* — поршень; *6* — опора; *7* — пятка; *8* — нижняя часть кожуха; *9* — клапанная доска; *10*— крышка цилиндра; *11*— противовес; *12* — верхняя часть кожуха; *13* — статор; *14* — всасывающий вентиль; *15* — нагнетательный трубопровод; *16* — проходной изолятор.

ной плоскости с углом между осями цилиндров 90°, что обеспечивает хорошую уравновешенность механизма движения. Между цилиндрами находится общая нагнетательная полость, одновременно являющаяся глушителем.

В корпусе по оси вала сделаны цилиндрические расточки: в верхней части для запрессовки статора электродвигателя и размещения верхней шейки эксцентрикового вала, в нижней — для чугунного фланца, служащего нижним коренным подшипником. Фланец крепится к корпусу тремя болтами. Снизу к фланцу двумя болтами прикреплена стальная каленая пластина (пятка) для опоры вала. Эксцентриковый вал с одной шейкой на два шатуна изготавливается из стали 45. Шейки и нижний торец вала закалены токами высокой частоты. На вал установлены два чугунных противовеса, закрепленные винтами. В валу сделаны радиальные и вертикальные эксцентрично расположенные отверстия для подачи смазочного масла.

Шатуны выполнены из бронзы с неразъемными головками. Поршни герметичного компрессора изготовлены из специальной стали марки А-12 без поршневых колец. Уплотнение между стенками цилиндров и поршнями обеспечивается высокой точностью обработки, малой величиной зазора (10—18 мкм на диаметр). В зазоре постоянно находится смазочное масло в виде пленки. Пальцы стальные, плавающего типа, со вставными алюминиевыми пробками на торцах. Рабочая поверхность пальцев обработана токами высокой частоты, шлифована и притерта под плотную посадку в отверстиях поршня.

Каждый цилиндр закрывается клапанной доской и чугунной крышкой с перегородкой, разделяющей пространство над клапанной доской на всасывающую и нагнетательную полость. Уплотнение между цилиндром, клапанной доской и крышкой обеспечивается паронитовыми прокладками толщиной 0,5 мм. Все эти детали скреплены 4 болтами. На боковых стенках цилиндров сделаны разгрузочные отверстия диаметром 0,5 мм.

Пластины всасывающего и нагнетательного клапанов толщиной 0,25 мм, консольного типа установлены снизу и сверху клапанной доски. Смазка шатунной и верхней коренной шеек производится принудительной подачей масла под действием центробежных сил, возникающих в радиальных отверстиях при вращении вала. Из подшипников масло снова стекает в кожух. Нижняя коренная шейка

находится под уровнем масла, залитого в кожухе. Цилиндры и пальцы поршней смазываются масляным туманом, который образуется при разбрызгивании масла противовесами. Всасывающие полости каждого цилиндра через вертикальные открытые трубки соединены с верхним пространством кожуха, а нагнетательная полость — медной закрытой трубкой с выходным штуцером, вваренным в стенку нижней части кожуха.

Компрессор ФГ-0,7~3 укомплектован встроенным трехфазным электродвигателем мощностью 0,35 кВт с короткозамкнутым ротором. Ротор посажен на верхний конец вала на шпонке. Над ротором установлен крыльчатый алюминиевый вентилятор. Статор с обмоткой из провода ПЭВ-2 с высокопрочной лаковой изоляцией запрессован в расточке корпуса компрессора. Выводные концы катушек обмотки припаяны к стержневым контактам герметичных проходных изоляторов из специального стекла.

Компрессор вместе с электродвигателем установлен внутри стального кожуха, сваренного из двух половин, и закреплен в нем болтами на трех кронштейнах, приваренных к стенке кожуха с внутренней стороны. В нижней части кожуха имеются внешние опорные кронштейны, с помощью которых компрессор монтируется на плите холодильного агрегата. Рядом с проходными изоляторами установлена клеммная доска, на которой имеются шесть клемм с перемычками для подключения электродвигателя к внешней сети с напряжением 220 или 380 В и две клеммы для включения теплового реле. Сверху на кожухе находится штуцер и всасывающий запорный вентиль, на котором имеется боковой штуцер для присоединения манометра или технологических трубопроводов при сушке, вакуумировании и зарядке компрессора фреоном и маслом.

Через открытый запорный вентиль холодные пары фреона поступают непосредственно в кожух компрессора, охлаждают обмотку статора и через открытые концы вертикальных трубок всасываются в цилиндры.

После сжатия в цилиндрах пары фреона через глушители и нагнетательный трубопровод подаются к выходному штуцеру.

Герметичные компрессоры с однофазным ротором ФГ-0,7~1, ФГК-0,7 и их модификации по конструкции аналогичны ФГ-0,7~3. Среднетемпературные компрессоры применяются в агрегатах типа ВС. Технические характе-

ристики основных моделей герметичных компрессоров приведены в табл. 10.

Таблица 10

Показатели	ФГ-0,45~3	ФГ-0,45~1	ФГ-0,7~3	ФГ-0,7~1	ФГ-1,1~3
Номинальная холодопроизводительность, ккал/ч	450	450	700	700	1100
Число цилиндров	1	1	2	2	2
Диаметр цилиндра, мм	36	36	36	36	36
Ход поршня, мм	22	22	18	18	27
Частота вращения вала, об/мин	1450	1440	1420	1440	1445
Объем, описаиный поршнем, м³/ч	1,9	1,9	3,16	3,16	4,14
Мощность электродвигателя, кВт	0,25	0,25	0,35	0,35	0,55
Число фаз обмотки статора	3	1	3	1	3
Сухая масса, кг	24	24	28	28	32

Продолжение

Показатели	ФГ-1,1~1	ФГК-0,45	ФГК-0,7	ФГК-1,1
Номинальная холодопроизводительность, ккал/ч	1100	450	700	1100
Число цилиндров	2	1	2	2
Диаметр цилиндра, мм	36	36	36	36
Ход поршня, мм	27	24	18	27
Частота вращения вала, об/мин	1440	1445	1420	1445
Объем, описанный поршнем, м³/ч	4,14	1,9	3,16	4,14
Мощность электродвигателя, кВт	0,55	0,25	0,35	0,55
Число фаз обмотки статора	1	3	3	3
Сухая масса, кг	32	25	28	32

Низкотемпературный компрессор ФГН-0,35~3 используют для получения низких температур в объекте (—14÷÷—16° С). Компрессор ФГН-0,35 отличается от компрессора ФГ-0,7~3 наличием цилиндрической диафрагмы, размещенной внутри между статором и верхней половиной кожуха компрессора. Диафрагма предназначена для направленного движения холодных паров фреона сначала

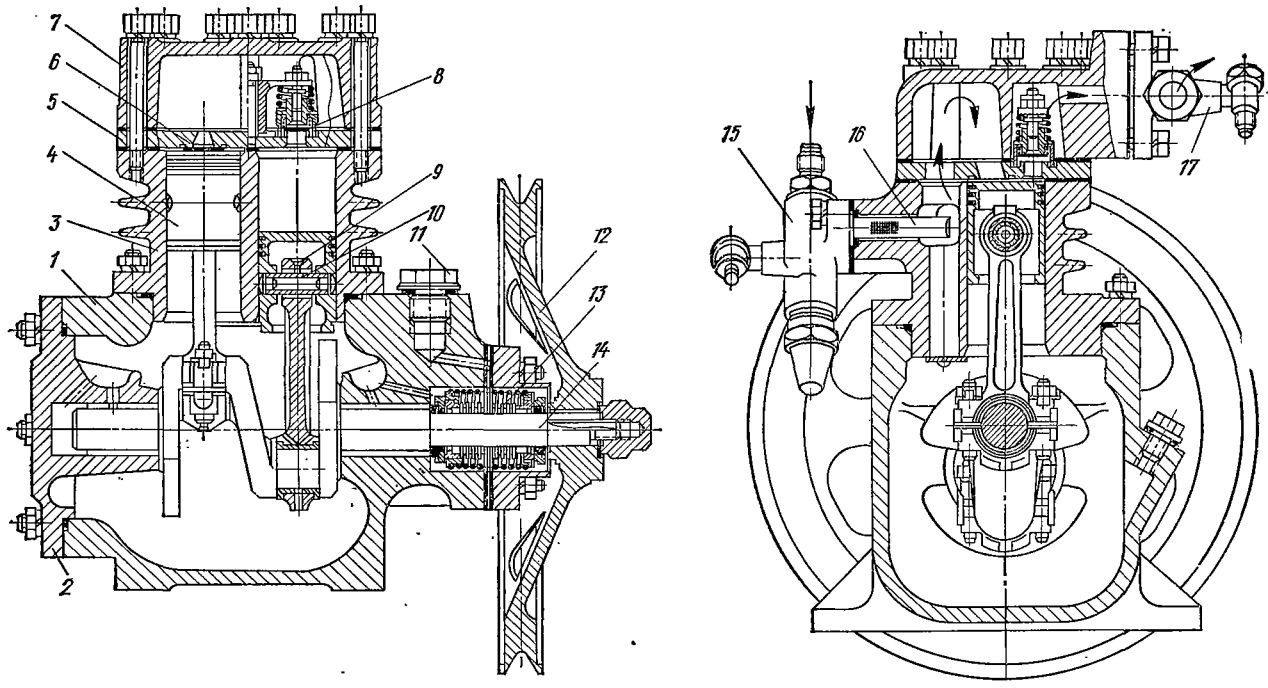


Рис. 23. Компрессор 2ФВ-4/4,5:

1 — картер; *2* — задняя крышка; *3* — блок цилиндров; *4* — поршень; *5* — клапанная доска; *6* — всасывающий клапан; *7* — крышка; *8* — нагнетательный клапан; *9* — шатун; *10* — палец; *11* — пробка масляной ванночки; *12* — маховик; *13* — сальник; *14* — коленчатый вал; *15* — всасывающий вентиль; *16* — сетчатый фильтр; *17* — нагнетательный вентиль.

через обмотку статора, а затем в нижнюю часть кожуха. Всасывающий вентиль расположен в центре верхней половины кожуха. Компрессоры ФГН работают на фреоне-22 и заполняются маслом марки ХФ-22-16.

Компрессор 2ФВ-4/4,5. Компрессор 2ФВ-4/4,5 (рис. 23) поршневой, сальниковый, фреоновый, вертикальный, двухцилиндровый, одноступенчатый, непрямоточный. Работает на фреоне-12. Диаметр его цилиндров 40 мм, ход поршня 45 мм. Частоту вращения вала компрессора можно менять сменой маховиков, частота вращения вала может быть 450, 650 и 1000 об/мин и холодопроизводительность соответственно 700, 1100 и 1500 ккал/ч.

Компрессор 2ФВ-4/4,5 состоит из литого чугунного картера с торцевой опорной крышкой и крышкой сальника. Над камерой сальника сделана внешняя ванночка для хранения запаса смазочного масла, подаваемого к внешнему сальнику. На боковой стенке имеется отверстие с пробкой для залива масла в картер.

На верхней плоскости картера расположено окно для установки блока цилиндров, на нижней — лапы-кронштейны для крепления компрессора на каркас агрегата. У блока цилиндров имеются ребра воздушного охлаждения, фланцевый прилив для крепления к картеру, всасывающая полость с вертикальным каналом, предназначенным для отделения от паров холодильного агента смазочного масла и возвращения его в картер компрессора. Сверху цилиндры закрываются чугунной клапанной доской и крышкой коробчатой формы. Внутренняя перегородка крышки делит пространство над клапанной доской на всасывающую и нагнетательную полости. На крышке имеется фланцевый прилив для присоединения запорного нагнетательного вентиля.

Крышка и клапанная доска с уплотнительными резиновыми прокладками крепятся к блоку цилиндров шпильками. Коренными подшипниками скольжения являются бронзовые втулки, запрессованные в стенку картера и опорную крышку. Вал стальной, двухопорный, с литыми противовесами. Шатуны изготовлены из алюминиевого сплава с нижними разъемными головками и разрезными бронзовыми втулками, залитыми в шатуны. Поршни из алюминиевого сплава непроходные, с канавками для трех поршневых колец. Палец поршня плавающего типа стальной цементированный.

Всасывающие клапаны стальные, самопружинящие, в форме У-образных пластин толщиной 0,25 мм устанавливаются на клапанной доске со стороны цилиндра. Нагнетательные клапаны пластинчатые, пятачкового типа, с поджимающими и буферными пружинами, расположены на клапанной доске сверху. Сальник вала сильфонный двойной. Внешний сальник предусмотрен для предотвращения утечки фреона в случаях повреждения внутреннего. Смазка всех трущихся частей барботажная. Масло, разбрызгиваемое кривошипами вала и головками шатунов, попадает на стенки цилиндров и в ванночки-ловушки, из которых через отверстия стекает на поверхности шеек вала, пальца и в сальник.

Привод компрессора осуществляется с помощью клиноременной передачи через шкив-маховик. Уплотнение разъемных соединений обеспечивается прокладками из фреоностойкой резины. Запорные вентили компрессора игольчатые, двухходовые, с сальниками из резиновых колец. На их корпусе устанавливаются тройники, на штуцера которых присоединяются трубки манометров и регулятора давления. Конец шпинделя запилен на квадрат под торцевой ключ. У штуцеров тройников и сальника имеются съемные гайки-заглушки. Вентиль может находиться в трех положениях: полностью открытым на проход паров фреона или закрытым на тройник; полностью закрытым на проход паров фреона и открытым только на тройник; и открытым на проход и тройник.

При работе компрессора пары фреона из испарителя поступают через открытый всасывающий вентиль, через сетчатый фильтр в отверстии стенки блока и поднимаются в полость всасывания над клапанной доской, а оттуда через открывающиеся всасывающие клапаны проходят в цилиндры. В конце сжатия пары фреона через нагнетательные клапаны выталкиваются поршнями через нагнетательную полость, запорный вентиль и по трубопроводу в конденсатор холодильной машины.

Компрессоры ФВ-4 (2ФВ-6,5) и ФВ-6. Эти компрессоры применяются в холодильных машинах холодопроизводительностью от 3000 до 6000 ст. ккал/ч. Компрессоры по конструкции аналогичны. Компрессор ФВ-6 является более усовершенствованной моделью, чем ФВ-4.

Компрессоры ФВ-6 (рис. 24) и ФВ-4 фреоновые, вертикальные, двухцилиндровые, одноступенчатые, непрямоточ-

ные. Диаметры их цилиндров 67, 5 мм, ход поршня 50 мм, холодопроизводительность определяется в зависимости от принятой частоты вращения вала компрессора на агрегате. Например, холодопроизводительность при 650 об/мин равна 3000 ккал/ч, при 850 об/мин — 4000 ккал/ч и при 1440 об/мин — 6000 ккал/ч.

Картер литой чугунный с расширенным верхним отверстием, обеспечивающим монтаж коленчатого вала в сборе с шатунно-поршневой группой. На торцевой передней стенке монтируется съемный корпус коренного подшипника с камерой сальника и крышкой. На чугунном литом блоке цилиндров с ребрами охлаждения имеются фланцевые приливы для всасывающей и нагнетательной полости. Всасывающая полость сообщена с картером литым каналом, закрытым снизу резьбовой пробкой с отверстием диаметром 2,5 мм. Вал стальной, штампованный, двухколенный, без противовесов, со шпонкой и резьбой для крепления маховика. Вал опирается на два коренных подшипника — шариковый и роликовый. Для предотвращения осевого смещения вала под действием пружины сальника в лунке торца вала установлен шарик, опирающийся на стальной каленый сухарик, закрепленный на резьбе в стенке картера.

Шатуны стальные, с нижней разъемной головкой, залитой баббитом, и бронзовой втулкой, запрессованной в верхней головке. Поршни из алюминиевого сплава с тремя поршневыми кольцами. Нижнее кольцо — маслосъемное. Палец стальной, плавающего типа, стопорится по торцам пружинными кольцами. Шатунно-поршневые группы используются от двигателя автомобиля Москвич-401. Цилиндры сверху закрываются чугунной клапанной доской и коробчатой чугунной крышкой с внутренней перегородкой. Клапанная доска и крышка уплотнены паронитовыми прокладками и крепятся к блоку цилиндров болтами.

У каждого цилиндра имеются две самопружинящих ленточных пластины, всасывающего клапана и два нагнетательных клапана пятачкового типа, установленных на клапанной доске. Смазка трущихся частей осуществляется разбрызгиванием масла. Привод компрессора осуществляется клиновидными ремнями через шкив-маховик. Запорные вентили компрессора двухходовые, левой и правой модели, установлены на стенках блока цилиндра.

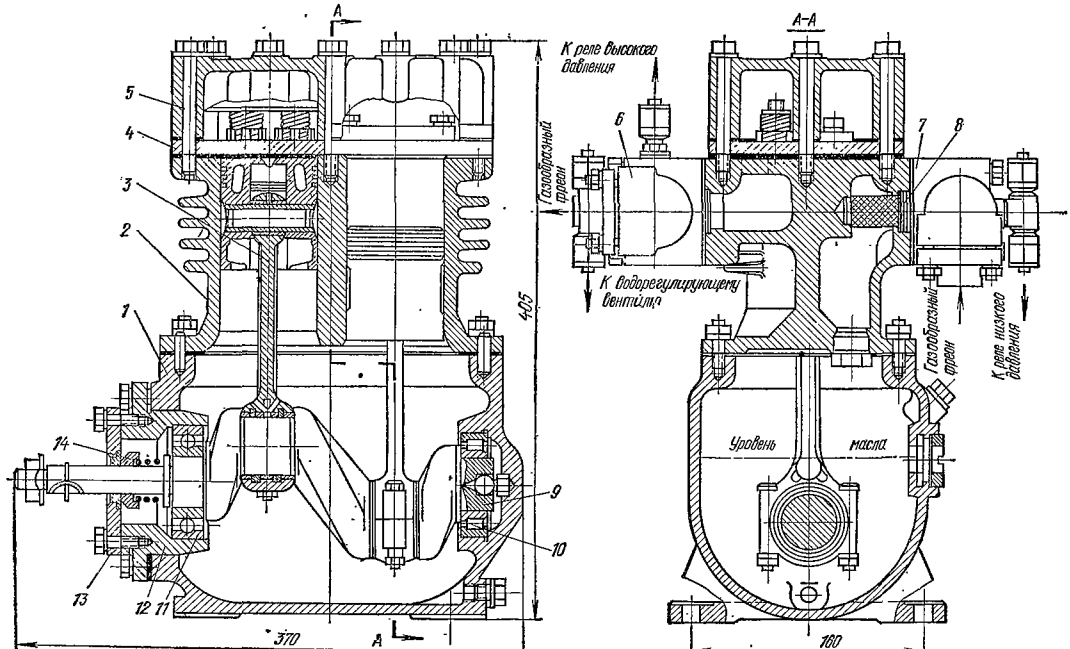


Рис. 24. Компрессор ФВ-6:

1 — картер; *2* — блок цилиндров; *3* — шатун с поршнем; *4* — клапанная доска; *5* — крышка цилиндров; *6* — нагнетательный вентиль; *7* — всасывающий вентиль; *8* — фильтр; *9* — коленчатый вал; *10* — роликовый подшипник задний; *11* — шариковый подшипник передний; *12* — корпус подшипника; *13* — крышка; *14* — сальник.

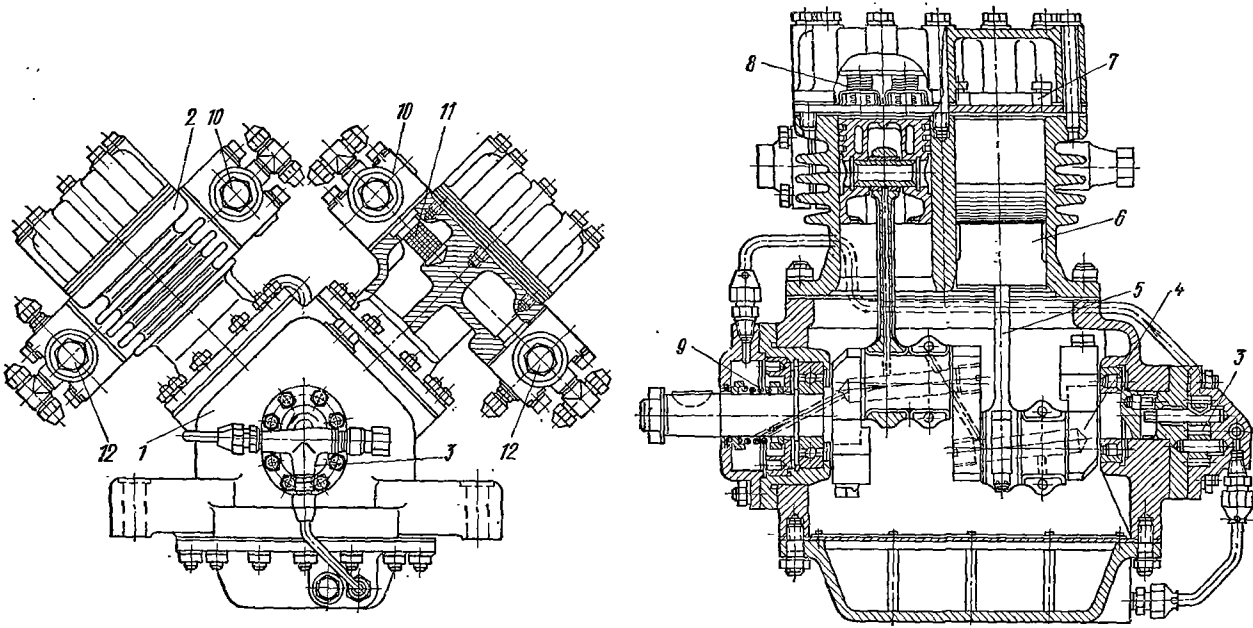


Рис. 25. Компрессор ФУ-12:

1 — картер; *2* — блок цилиндров; *3* — шестеренный масляный насос; *4* — коленчатый вал; *5* — шатун; *6* — поршень; *7* — крышка с нагнетательными клапанами; *8* — пружина; *9* — сальник; *10* — запорный вентиль на стороне всасывания; *11* — фильтр сетчатый; *12* — запорный вентиль на стороне нагнетания.

Принцип работы и направление движения паров фреона в компрессоре аналогичны принципу работы и направлению движения паров у компрессора 2ФВ-4/4,5.

Компрессор ФУ-12. Компрессор ФУ-12 (рис. 25) У-образный, одноступенчатый, непрямоточный, четырехцилиндровый с углом развала цилиндров 90°. Диаметры цилиндров 67,5 мм, ход поршня 50 мм, холодопроизводительность 12 000 ст. ккал/ч при частоте вращения вала 1440 об/мин и 8000 ккал/ч при 960 об/мин.

Компрессор ФУ-12 построен на базе компрессора ФВ-6 и отличается от последнего числом цилиндров, большей холодопроизводительностью, конструкцией картера, коленчатого вала, сальника и наличием системы принудительной подачи масла.

Картер литой, чугунный, с отъемным дном, на наклонных плоскостях предусмотрены окна для присоединения двух блоков цилиндров. Вал компрессора стальной, двухопорный, двухколенный, с противовесами, закрепленными на щеках болтами. Шатунные шейки удлиненные и на них размещены по два шатуна. Внутри вала просверлены отверстия, через которые смазочное масло поступает на шатунные шейки. Шестеренный насос установлен на задней торцевой стенке картера. Масло насосом подается в камеру сальника, а затем по отверстию вала проходит к шейкам и пальцам. Сальник пружинный двусторонний с парой трения сталь — графит. Привод компрессора непосредственный при помощи муфты при 1440 об/мин или через клиноременную передачу (при 96 об/мин).

Компрессор ФУ-12 используют в агрегате холодильной машины ХМФУ-8, предназначенной для получения холода при непосредственном испарении в стационарных камерах торговых предприятий.

Бессальниковый компрессор марки ФВБС-6. Компрессор ФВБС-6 (рис. 26), поршневой, вертикальный, двухцилиндровый, непрямоточный, со встроенным электродвигателем. Принципиальное отличие компрессора ФВБС-6 от поршневого открытого состоит в том, что в компрессоре ФВБС-6 нет сальника, так как компрессор и электродвигатель размещены в общем литом чугунном разъемном кожухе. Диаметр цилиндров компрессора ФВБС-6 67,5 мм, ход поршня 50 мм и холодопроизводительность 6000 ст. ккал/ч при частоте вращения вала 1440 об/мин.

Блок-картер выполнен одной деталью с корпусом элект-

родвигателя. В картерной части с нижней стороны имеется окно со съемным дном для доступа к кривошипному механизму, в кожухе электродвигателя — окно с торцевой съемной крышкой для монтажа и выемки вала компрессора и статора. В гнездах блока цилиндров запрессованы съемные гильзы.

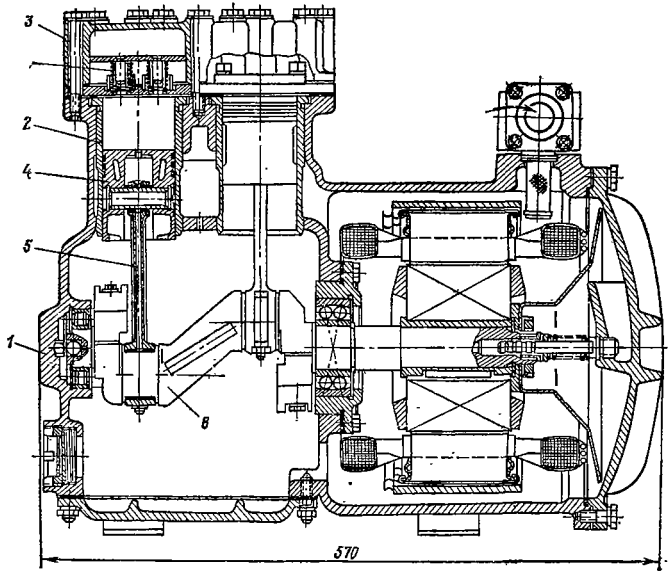


Рис. 26. Компрессор ФВБС-6:
1 — блок-картер; *2* — гильза цилиндров; *3* — крышка цилиндров; *4* — поршень; *5* — шатун; *6* — коленчатый вал.

Коленчатый вал двухколенный с противовесами. Подшипники вала — роликовый и двухрядный шариковый. На конец вала насажен ротор электродвигателя и дисковый разбрызгиватель масла. Масло подается по отверстиям вала. Шатунно-поршневые группы, клапаны и запорные вентили унифицированы с аналогичными деталями компрессора ФВ-6. При работе компрессора холодные пары фреона через всасывающий запорный вентиль поступают в кожух электродвигателя и охлаждают обмотку статора, а затем через всасывающую полость и клапаны подаются в цилиндры. Сжатые пары выталкиваются через коллектор в нагнетательный трубопровод.

Встроенный электродвигатель для бессальниковых компрессоров изготовлен с обмоткой статора из провода с изоляцией, стойкой к фреону и маслу. Концы обмотки припаяны к проходным стержневым герметичным контактам, смонтированным в стенке кожуха. Ротор короткозамкнутый, насажен на вал компрессора. Компрессор ФВБС-6 применяют в холодильных агрегатах для охлаждения стационарных камер и в кондиционерах. Работает он на фреоне-12 и фреоне-22.

Кроме компрессора ФВБС-6 изготовляют четырех- и восьмицилиндровые бессальниковые компрессоры. ФУБС-9 и ФУБС-12 холодопроизводительностью соответственно 9000 и 12 000 ст. ккал/ч. Основные узлы, детали и их конструкции заимствованы у компрессора ФВБС-6. Однако ФУБС-9 и ФУБС-12 отличаются от последнего только мощностью и размерами электродвигателя, картера и коленчатого вала.

Поршневые компрессоры средней холодопроизводительности

Фреоновые компрессоры. Компрессор ФВ-20 вертикальный, двухцилиндровый, одноступенчатый, непрямоточный, сальниковый, номинальной холодопроизводительностью 20 тыс. ккал/ч. Он входит в градацию из трех унифицированных компрессоров, с ходом поршня 70 мм, с диаметром цилиндра 101,6 мм, выпускаемых промышленностью серийно. При частоте вращения вала 1440 об/мин холодопроизводительность компрессора ФВ-20 равна 23 000 ст. ккал/ч, при 960 об/мин — 15 000 ст. ккал/ч.

Основные детали компрессора: блок-картер литой чугунный со сменными гильзами цилиндров и встроенными всасывающим и нагнетательными запорными вентилями; коленчатый вал, стальной штампованный, двухколенный с насаженными противовесами, опирается на два шариковых подшипника; шатуны стальные штампованные, двухтаврового сечения, с неразъемными верхними головками, с бронзовыми втулками и разъемными нижними головками (с косым разъемом), со сменными стальными тонкостенными вкладышами, залитыми баббитом; поршни из алюминиевого сплава с двумя уплотнительными и одним маслосъемным поршневыми кольцами, размещенными в верхней части.

Пальцы поршней стальные, плавающего типа. Всасывающие клапаны пластинчатые, однокольцевые, с шестью

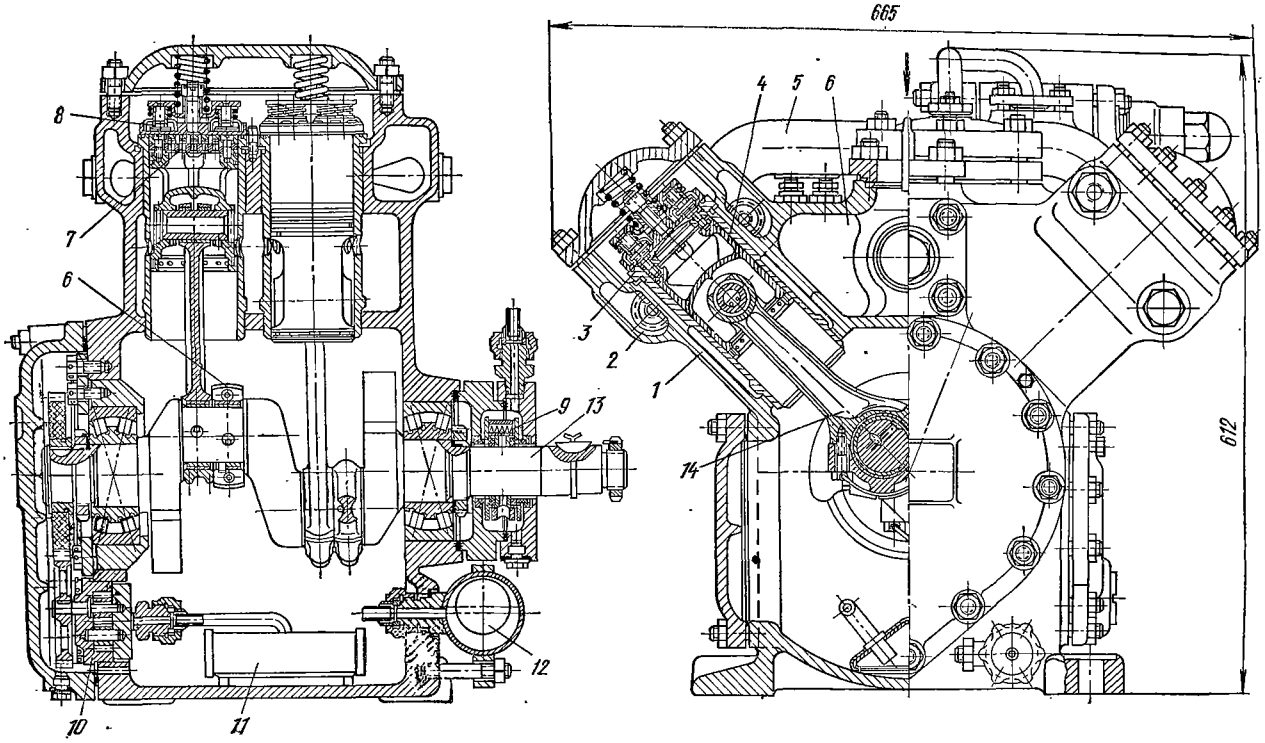


Рис. 27. Аммиачный прямоточный компрессор АУ-45:

1 — блок-картер; *2* — водяная рубашка цилиндра; *3* — гильза цилиндра; *4* — поршень; *5* — нагнетательный коллектор; *6* — всасывающая полость; *7* — всасывающий полосовой клапан; *8* — нагнетательный пятачковый клапан; *9* — сальник; *10* — масляный насос; *11* — приемный маслофильтр; *12* — маслофильтр тонкой очистки; *13* — коленчатый вал; *14* — шатуны с косым разъемом.

цилиндрическими пружинками, расположены по внешней окружности верхней части гильзы цилиндров. Нагнетательные клапаны, групповые, из шести пятачковых пластин, установлены на клапанной доске, являющейся отдельной крышкой каждого цилиндра.

Сальник двусторонний с восемью пружинами, размещенными в сепараторе. Подвижное торцевое уплотнение состоит из двух пар стальных и графитовых колец. Через камеру сальника циркулирует смазочное масло. Смазка комбинированная. Под давлением с помощью масляного насоса масло подается в камеру сальника, а из сальника по каналам — на шатунные шейки вала. Разбрызгиванием смазываются цилиндры, пальцы поршней, коренные подшипники.

Масляный насос шестеренный, установлен в торцевой стенке картера под уровнем масла (затопленного типа). Привод насоса от коленчатого вала осуществляется через пару цилиндрических колес, причем ведущее колесо выполнено из текстолита. Для измерения давления масла установлены манометры.

Привод компрессора клиноременный через шкив-маховик или непосредственный через муфту.

Компрессоры ФУ-40 и ФУУ-80 унифицированы с ФВ-20. Различаются они в основном числом и расположением цилиндров, размерами и формой блок-картера, размерами коленчатых валов, у которых шатунные шейки рассчитаны для крепления по 2 и 4 шатуна, наличием общего нагнетательного коллектора и фильтра тонкой очистки масла.

Холодопроизводительность указанных компрессоров соответственно в два и четыре раза больше, чем у компрессора ФВ-20.

Унифицированные аммиачные и фреоновые компрессоры. Компрессоры средней холодопроизводительности (от 10 до 96 тыс. ккал/ч) предназначены для работы на аммиаке, фреоне-22 и фреона-12. К ним относятся компрессоры следующих марок: АВ-22, АУ-45, АУУ-90, 22ФВ-22, 22ФУ-45 и 22ФУУ-90 одноступенчатые, поршневые, открытые, прямоточные, блок-картерные с водяным охлаждением цилиндров. Они имеют единую базу по ходу поршня 70 мм, диаметр цилиндров 81,9 мм и унифицированы между собой. На рис. 27 представлен компрессор АУ-45.

Технические характеристики компрессоров приведены в табл. 11.

Таблица 11

Показатели	АВ-22	АУ-45	АУУ-90	22ФВ-22	22ФУ-45	22ФУУ-90	22ФВ-22	22ФУ-45	22ФУУ-90
Холодильный агент	Аммиак	Аммиак	Аммиак	Фреон-22	Фреон-22	Фреон-22	Фреон-12	Фреон-12	Фреон-12
Холодопроизводительность, ст. ккал/ч	24000	48000	96000	23000	46000	92000	14500	29000	58000
	16000	32000	64000	15500	31000	62000	9500	19000	38000
Потребляемая мощность, кВт	8,0	16,0	32	8,1	16,2	32,5	5,9	11,8	23,6
	5,3	10,6	21,2	5,4	10,8	21,6	3,8	7,6	15,2
Частота вращения, вала, об/мин	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
	960	960	960	960	960	960	960	960	960
Число цилиндров	2	4	8	2	4	8	2	4	8
Ход поршня, мм	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Диаметр цилиндров, мм	81,88	81,88	81,88	81,88	81,88	81,88	81,88	81,88	81,88
Объем, описываемый поршнями, $м^3/ч$	64	128	256	64	128	256	64	128	256
	42,5	85	170	42,5	85	170	42,5	85	170
Смазочное масло	ХА-30 (допускается ХА-23)			ХФ-22			ХФ-12		
Количество масла в картере, кг	5	5	10	5	5	10	5	5	10
Расход охлаждающей воды, $м^3/ч$	0,3	0,5	1,0	0,3	0,5	1,0	0,15	0,3	0,6
	0,2	0,3	0,6	0,2	0,3	0,6	0,10	0,2	0,4
Масса, кг	160	270	450	160	270	450	160	270	450

Примечание. Цифры, приведенные в числителе, указывают значение показателей при частоте вращения вала компрессора 1440 об/мин, в знаменателе — при 960 об/мин.

Блок-картер литой чугунный, со сменными цилиндровыми гильзами. На картере предусмотрены боковые и торцевые окна со съемными крышками для доступа к механизму движения, маслонасосу и его приводу. В верхней части цилиндров расположены рубашки водяного охлаждения, крышки для доступа к клапанам. Коленчатый вал стальной штампованный, для всех компрессоров — двухопорный, двухколенный, с расположением колен под углом 180°. Коренные подшипники вала роликовые, бочкообразные, самоустанавливающиеся. Шатуны стальные, штампованные.

В верхние головки шатунов запрессованы тонкостенные разрезные бронзовые втулки, в нижние головки (с косым разъемом) — стальные тонкостенные вкладыши.

Поршни чугунные литые, проходные, с двумя уплотнительными кольцами и одним маслосъемным. Пальцы поршня стальные, плавающего типа.

Всасывающие клапаны ленточные, беспружинные: пять пластин в сборе с седлом и розеткой крепятся на поршне винтами. Нагнетательные клапаны групповые, пятачковые, из пяти пластин. Седло клапанов притирается к торцевой части цилиндровой гильзы и прижимается к ней буферной пружиной. Сальник компрессоров пружинный, двусторонний, самоустанавливающийся. Торцевое уплотнение осуществляется двумя парами колец трения сталь — графит.

Сальник снабжен перепускным редукционным вентилем для регулирования давления масла в системе смазки. Смазка комбинированная. У компрессоров имеются предохранительные капланы и штуцера для присоединения приборов — реле высокого давления, реле низкого давления, реле контроля смазки и двух манометров, показывающих давление в масляной магистрали и в картере.

Фреоновые компрессоры отличаются от соответствующих аммиачных только специальной фреоновой запорной арматурой для зарядки и слива масла.

Поршневые компрессоры крупной холодопроизводительности

Из группы холодильных компрессоров крупной холодопроизводительности промышленностью выпускаются поршневые одноступенчатые, бескрейцкопфные, прямоточные, аммиачные — марок АВ-100, АУ-200, АУУ-400; фреоновые — 22ФВ-100, 22ФУ-200, ФВ-175 и ФУУ-350. Ком-

прессоры имеют ход поршня 130 мм; диаметр цилиндров 150 мм и 190 мм (для фреона-12).

Привод указанных компрессоров непосредственный через эластичную муфту. Компрессоры поставляются комплектно с электродвигателями с частотой вращения вала 960 и 720 об/мин. Такие компрессоры применяются в холодильных установках распределительных холодильников.

Двухступенчатые аммиачные компрессоры ДАУ-50, ДАУ-100, бескрейцкопфные, низкотемпературные двухступенчатого сжатия предназначены для работы с диапазоном температур кипения —25÷—45° С и температурой конденсации до 40° С. Двухступенчатые компрессоры построены на базе одноступенчатых компрессоров АУ-200 и АУУ-400. При этом три цилиндра или соответственно шесть цилиндров являются ступенями низкого давления и один или два цилиндра ступенью высокого давления.

§ 2. ИСПАРИТЕЛИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Испарители предназначены для охлаждения жидкости или воздуха. Интенсивность теплопередачи в испарителе зависит от перепада температур, чистоты стенок труб, скорости движения холодильного агента и среды; физических свойств холодильного агента, среды и прочих условий.

По конструкции испарители бывают трубчато-змеевиковые, кожухотрубные, листотрубные, гладкотрубные и др.; по характеру заполнения жидким холодильным агентом различают испарители затопленного и незатопленного типа.

Трубчато-змеевиковые испарители для охлаждения воздуха с естественной циркуляцией. Эти испарители представляют собой аппараты (батареи) с последовательным соединением труб с помощью калачей. Для увеличения наружной теплопередающей поверхности на трубах делают пластинчатые или витые ребра из листовой латуни, оцинкованной стали или алюминия. К концам первой и последней труб приваривают штуцера под накидную гайку для соединения с трубопроводами системы холодильной машины. Жидкий агент может подаваться снизу, а пары отсасываться через верхний штуцер. При этом испаритель называют испарителем затопленного типа. При подаче жид-

кости сверху испаритель называют сухим или незатопленным.

У испарителей затопленного типа вся поверхность теплопередающих труб находится в соприкосновении с жидким кипящим холодильным агентом. У незатопленных — часть поверхности остается непокрытой кипящим агентом. Поэтому незатопленные испарители менее эффективны по сравнению с затопленными. Однако их широко используют

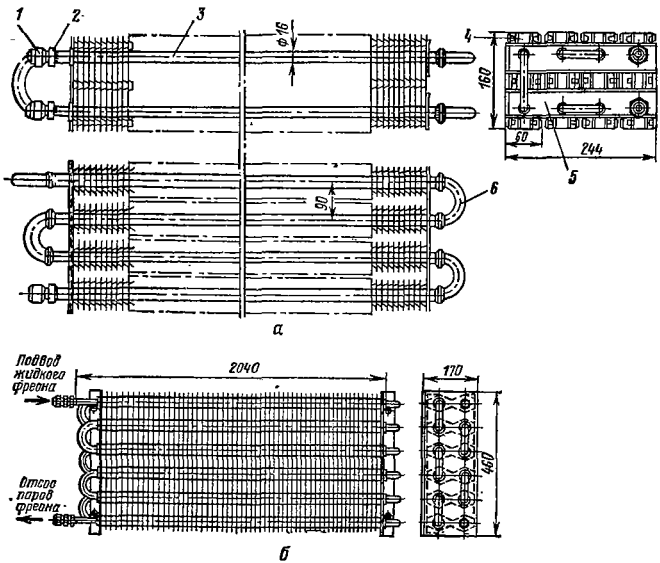


Рис. 28. Испарители трубчато-змеевиковый, ребристый:
а — из четырех двухтрубных секций: *1* — накидная гайка, *2* — штуцер, *3* — труба, *4* — ребро жесткости, *5* — пластина, *6* — калач; *б* — испаритель типа ИРСН-10.

в малых автоматизированных фреоновых холодильных машинах, поскольку они обеспечивают возвращение смазочного масла (отделяющегося при испарении) в картер компрессора.

На рис. 28,*а* показан трубчато-змеевиковый ребристый испаритель марки И-38У, применяемый для торговых охлаждаемых шкафов Т2-125М с агрегатами ФАК-0,7Е. Он представляет собой двухрядный змеевик из восьми медных труб диаметром 16×1 мм. Трубы соединяются кала-

чами, приваренными газовой сваркой. Пластинчатые прямоугольные ребра с отверстиями для труб изготовляют из алюминиевой ленты толщиной 0,5 мм или латунной полосы толщиной 0,45 мм, шаг между ребрами 9 мм. Тепловой контакт обеспечивается расширением труб методом протяжки цилиндриков, диаметр которых несколько больше внутреннего диаметра труб. К концам первой и последней трубы приварены штуцера с резьбой под накидные гайки с ниппельным соединением. Четыре двухтрубные секции по торцам соединены ребрами жесткости.

Поверхность испарителя с ребрами — 13,6 м², длина 1680 мм, ширина 244 мм и высота 160 мм.

Испаритель ребристый сухой настенный типа ИРСН-10 (рис. 28,*б*) представляет собой двухрядный змеевик из двенадцати медных труб диаметром 18×1 мм. Медные калачи диаметром 16×1 привариваются газовой сваркой с медно-фосфористым припоем. На трубах насажены латунные ромбические ребра толщиной 0,4 мм с шагом 12,5 мм. К концам входной и выходной труб приварены штуцера с резьбой М27×2 под гайку с ниппельным соединением. На торцах испарителя установлены стальные ребра жесткости. Поверхность испарителя 10 м², длина 1670 мм, ширина 160 мм и высота 450 мм.

Испарители ИРСН выполняются настенными и потолочными. Применяются для охлаждения стационарных камер холодильников торговых предприятий.

Листотрубные и гладкотрубные испарители. В отдельных типах торгового оборудования используют листотрубные и гладкотрубные испарители. Листотрубные испарители состоят из двух стальных листов со штампованными каналами диаметром 10 мм в форме змеевика. Листы соединяются роликовой сваркой. Для защиты от коррозии поверхность испарителя подвергают горячему цинкованию. К испарителям этого типа относятся испарители марок: И-55; И-56; И-101; И-102 и др.

Гладкотрубные испарители выполнены из медных труб диаметром 12×1 мм, змеевик припаян к наружным стенкам, образующим охлаждаемый объем, например в прилавке П-10, ПВ-С и в др.

Воздухоохладители. Воздухоохладители, или испарители с принудительной циркуляцией воздуха, предназначены для охлаждения стационарных камер холодильников торговых и пищевых предприятий.

На холодильниках торговых предприятий применяют воздухоохладители с непосредственным испарением фреона. Воздухоохладители представляют собой ребристый змеевик, расположенный в стальном кожухе. В трубках змеевика кипит фреон, а воздух с помощью вентилятора прогоняется между холодными трубами и ребрами змеевика. Охлажденный воздух подается в камеру.

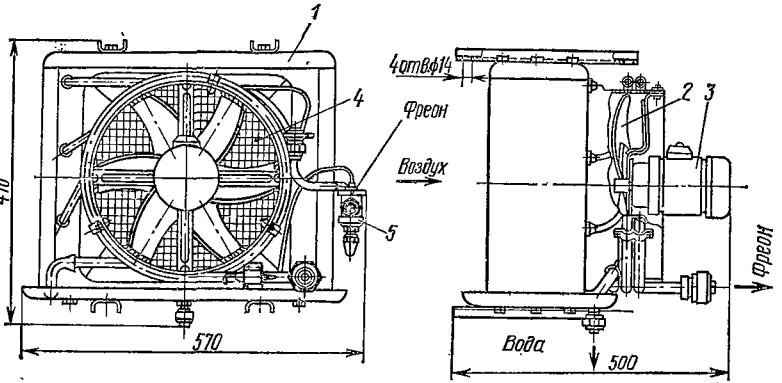


Рис. 29. Воздухоохладитель ВО-8:

1 — рама воздухоохладителя; *2* — вентилятор; *3* — электродвигатель; *4* — змеевик ребристый; *5* — терморегулирующий вентиль.

Воздухоохладитель типа ВО-8 (рис. 29) состоит из трех секций. Медные трубы диаметром 12×1 мм снабжены пластинчатыми стальными ребрами. Общая поверхность охлаждения 8 м^2. Секции закреплены в металлическом кожухе с диффузором. В диффузоре размещены лопасти вентилятора, закрепленные на валу электродвигателя. Под воздухоохладителем установлен поддон для сбора конденсата. Секции с кожухом закреплены болтами на кронштейнах.

Жидкий фреон подается через регулирующий вентиль и затем через распределитель в каждую секцию. Пары отсасываются снизу по общей трубке диаметром $18 \times 1{,}5$ мм. Два витка этой трубки на диффузоре служат теплообменником. Жидкий фреон кипит внутри труб змеевиков. Охлаждаемый воздух циркулирует со скоростью до 0,5 м/с с внешней стороны труб и между ребрами. Температура понижается на 2—5°. Габариты $600 \times 570 \times 470$ мм.

Испарители-водоохладители применяют в торговых автоматах для продажи газированной воды, пива, соков и других жидкостей. В автоматах АТ-114 и АТ-100 используется водоохладитель СВ-1А, в автомате АТ-49П — пивоохладитель ПО-6А.

Водоохладитель СВ-1А состоит из двух трубчатых цилиндрических змеевиков, расположенных один в другом. Змеевики сделаны из медной трубки диаметром 12×1 мм для фреона и из латунной трубки такого же диаметра для воды. На концах змеевиков приварены штуцера с резьбой под накидную гайку. Оба змеевика залиты алюминием и с внешней стороны закрыты слоем тепловой изоляции.

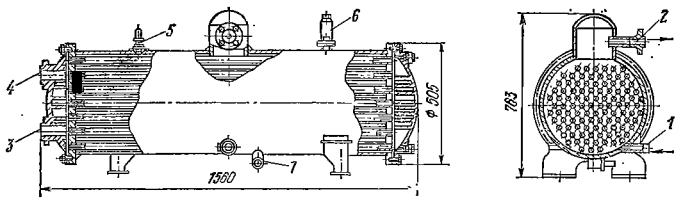


Рис. 30. Кожухотрубный аммиачный испаритель:
1 — подвод жидкого холодильного агента; *2* — выход паров; *3* — вход рассола; *4* — выход рассола; *5* — кран для выпуска воздуха; *6* — предохранительный клапан; *7* — патрубок удаления масла.

Теплопередача от охлаждаемой воды к фреону осуществляется через стенки труб и слой алюминия высокой теплопроводности. Поверхность фреонового змеевика 0,23 м², водяного — 0,35 м². Производительность водоохладителя при температуре поступающей воды 25° С составляет 45—48 л/ч; температура охлажденной воды 8—12° С. Холодопроизводительность холодильного агрегата 700 ст. ккал/ч. Габариты 445×370×570 мм.

Кожухотрубные испарители. Кожухотрубные испарители (рис. 30) применяют для охлаждения воды и рассолов. Основными элементами испарителей такого типа являются стальной кожух, трубные решетки, теплопередающие трубы, сухопарник, крышки решеток, патрубки для входа и выхода холодильного агента и рассола и арматура.

Горизонтальный кожухотрубный испаритель марки ИТР-18 входит в комплект холодильной машины ХМФВ-20. Обечайка (кожух) испарителя изготовлен из стальной цельнотянутой трубы диаметром 427×5 мм.

К торцам обечайки приварены стальные трубные решетки, в отверстиях которых установлены и развальцованы медные трубы диаметром 20×3 мм с накатанными ребрами. Трубные решетки закрыты чугунными крышками, на внутренней стороне которых имеются ребра-перегородки, разделяющие трубы на секции. На одной крышке отлиты патрубки для входа и выхода рассола. Крышки уплотняются резиновыми прокладками и крепятся к фланцу обечайки болтами. Сверху к кожуху приварен сухопарник с фланцем для соединения испарителя с всасывающим трубопроводом. В нижней части приварены патрубки для подачи жидкого холодильного агента и опоры для крепления испарителя на фундаменте. Испаритель снабжается предохранительным клапаном, манометром, вентилями для спуска масла и удаления воздуха и указателем уровня. Теплообменная поверхность труб с ребрами 18 м². Фреон кипит в межтрубном пространстве, рассол циркулирует внутри труб.

Аммиачные кожухотрубные испарители типа ИТГ-6, ИТГ-13 и другие по конструкции аналогичны кожухотрубным фреоновым испарителям. В аммиачных испарителях применены стальные гладкие трубы диаметром 25 и толщиной стенки 2,5 мм. Ввиду высокого значения коэффициента теплопередачи этих испарителей по сравнению с фреоновыми (одинаковой холодопроизводительности) теплопередающая поверхность и габаритные размеры аммиачных испарителей несколько меньше.

Батареи непосредственного охлаждения. В стационарных камерах холодильников с аммиачными машинами применяют батареи непосредственного охлаждения, изготовляемые из стальных бесшовных труб диаметром 57×3,5 мм с витыми ребрами из стальной ленты толщиной 1 мм. По конструкции батареи подразделяются на змеевиковые (однорядные и двухрядные), коллекторные, трехтрубные с самоциркуляцией аммиака.

В змеевиковой батарее (рис. 31,*а*) трубы соединены методом газовой сварки стальными калачами, сделанными из таких же труб, без оребрений. Трубы крепят хомутами из проволоки 6 мм к вертикальным стойкам из угловой стали 50×50 мм. Батарея удерживается в вертикальной плоскости с помощью кронштейнов, закрепленных в стене. Аммиак заполняет внутреннее пространство труб и там кипит, непосредственно охлаждая воздух камеры. Общая

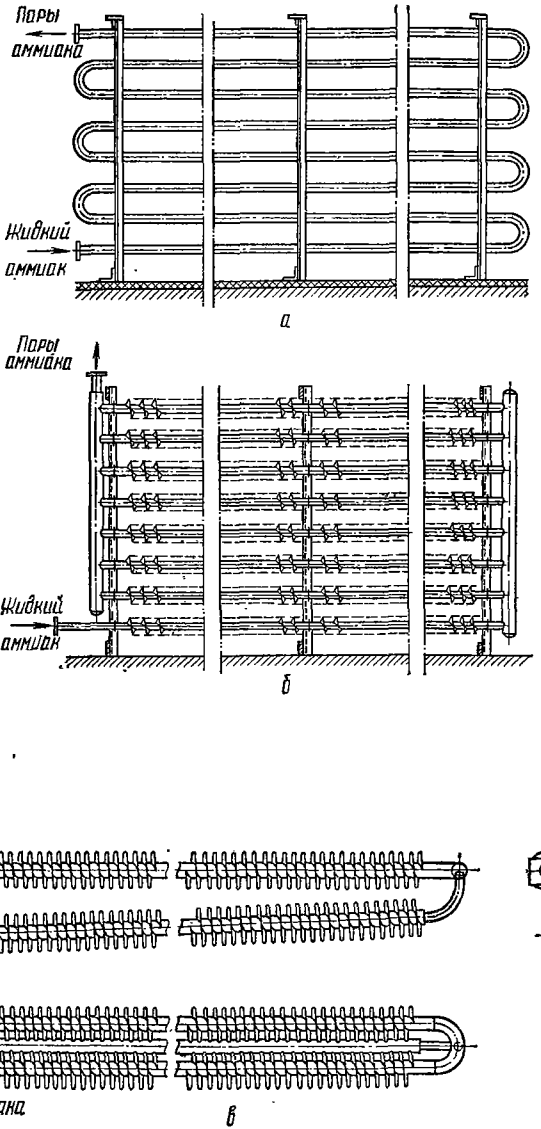


Рис. 31. Аммиачные охлаждающие батарей:

а — змеевиковая гладкотрубная пристенная; *б* — коллекторная пристенная аммиачная с оребренными трубами; *в* — потолочная с самоциркуляцией аммиака (конструкции ВНИХИ).

длина труб змеевиковых батарей не более 120—200 м и число труб по высоте 10—12. При большей длине и большем числе труб по высоте увеличивается сопротивление выходу паров холодильного агента, что приводит к повышению температуры кипения в первых по ходу рядах труб.

Коллекторная батарея из оребренных горизонтальных испарительных труб с вертикальными коллекторами (рис. 31,*б*) проще в изготовлении и обеспечивает хороший отвод паров холодильного агента. Батарея заполняется жидкостью до верхней трубы.

Трехтрубная батарея с самоциркуляцией кипящей жидкости (рис. 31,*в*) изготавливается из оребренных труб диаметром 57×3,5 мм и состоит из секций, в каждой из которых имеются три трубы. Две верхние трубы соединены калачом и вварены с другого конца в газовый коллектор, третья — расположена между ними и ниже на 250 мм и концами вварена в калач и в жидкостной коллектор.

Газовый коллектор соединен стояком с жидкостным коллектором. Жидкий аммиак подается в нижний коллектор, пары отводятся из верхнего. Аммиак кипит в нижней трубе. Насыщенные влажные пары с частицами жидкости проходят в верхние две трубы, где жидкость испаряется. На выходе пар отсасывается компрессором, а неиспарившаяся жидкость по стояку снова возвращается в нижнюю трубу. Малое статическое сопротивление столба жидкости обеспечивает получение низких температур кипения при малой емкости системы по аммиаку.

Тепловая нагрузка испарителя. Количество тепла, отнимаемое в испарителе от среды, называется тепловой нагрузкой испарителя или его холодопроизводительностью.

Тепловая нагрузка испарителя Q_0 (в Вт) определяется по формуле

$$Q_0 = kF_и(t_{ср} - t_0),$$

где k — коэффициент теплопередачи от охлаждаемой среды к холодильному агенту, Вт (м²·К);

$F_и$ — наружная поверхность теплопередающих труб испарителя, м²;

$t_{ср}$, t_0 — температура охлаждаемой среды и температура кипения °С.

Данной формулой можно пользоваться и для определения поверхности испарителя.

Пример. Определить поверхность фреонового кожухотрубного испарителя рассольного охлаждения при заданных условиях $Q_0 = 16\,000$ Вт; $k = 250$ Вт/(м^2·К); $t_{ср} = -10°$ С и $t_0 = -15°$ С.

Подставляя значения в формулу, получим

$$F_и = \frac{Q_0}{k(t_{ср} - t_0)} = \frac{16000}{250[-10-(-15)]} = 12{,}8 \text{ м}^2.$$

Коэффициенты теплопередачи в испарителях приведены ниже

Испаритель	Коэффициент теплопередачи, Вт / (м^2·К)
Фреоновые трубчато-змеевиковые ребристые	
с естественной циркуляцией воздуха .	4—6
с принудительной циркуляцией воздуха	17—23
Фреоновые кожухотрубные	
для охлаждения рассола	230—290
для охлаждения воды	430—580
Аммиачные кожухотрубные многоходовые .	400—470
Аммиачные трубчато-змеевиковые батареи непосредственного охлаждения	9—11

§ 3. КОНДЕНСАТОРЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Процесс теплопередачи в конденсаторе протекает при сравнительно высоком давлении, соответствующем давлению насыщенных паров холодильного агента. Теплопередача от холодильного агента к среде осуществляется через стенки труб конденсатора при наличии разности (перепада) температур между холодильным агентом и средой. Обычно в конденсаторах устанавливаются перепады температур от 8 до 12 °С при охлаждении воздухом и от 5 до 8 °С при охлаждении водой.

Интенсивность теплопередачи в конденсаторе в основном зависит от перепада температур, чистоты теплопередающей поверхности труб, скорости и направления движения холодильного агента и среды, физических свойств холодильного агента и других факторов.

Существуют конденсаторы с воздушным и водяным охлаждением. По конструкции они подразделяются на трубчато-змеевиковые, кожухозмеевиковые, кожухотрубные, оросительные и испарительные.

Конденсаторы воздушного охлаждения. Конденсаторы этого типа выполняются в виде трубчато-змеевикового аппарата из стальных или медных труб диаметром 12×1 мм

с ребрами из листовой стали, латуни толщиной 0,3—0,5 мм. Трубки соединяются последовательно посредством калачей из медных труб диаметром 10×1 мм с помощью газовой сварки.

Конденсатор состоит из нескольких плоских змеевиков — секций. Число секций зависит от величины теплопередающей поверхности, определяемой расчетом по тепловой нагрузке конденсатора. На входе и выходе концы труб каждой секции объединяются в общий коллектор, а в конденсаторах более поздних моделей холодильных машин

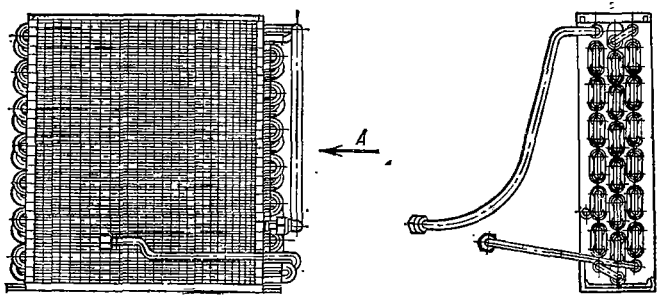


Рис. 32. Конденсатор воздушного охлаждения для агрегатов типа ФАК и ФГ.

секции соединены последовательно трубками. Нагнетаемые компрессором перегретые пары холодильного агента поступают в трубки змеевиков и конденсируются. Жидкий холодильный агент собирается в ресивере. Охлаждающий воздух под действием вентилятора циркулирует между трубами и ребрами со скоростью от 2—4 м/с.

Конденсатор воздушного охлаждения холодильной машины ФАК-0,7Е (рис. 32) состоит из трех секций. Каждая секция выполнена из 14 стальных трубок диаметром 12××1 мм с калачами из медных труб диаметром 10×1. На трубы насажены стальные ребра в форме полос шириной 240 мм и толщиной 0,4 мм, шаг ребер 4,5 мм. Тепловой контакт обеспечивается горячим цинкованием секций конденсатора в собранном виде. Секции соединены последовательно трубками. К верхней трубке первой секции приварена медная нагнетательная трубка со штуцером и накидной гайкой, с помощью которой конденсатор соединяется

с компрессором. Нижняя трубка третьей секции соединена с ресивером. Секции заключены в рамку из стальных сваренных пластин, с помощью которой конденсатор закреплен болтами на кронштейнах ресивера.

На торцевой стороне конденсатора со стороны электродвигателя установлен диффузор. В отверстии диффузора размещено колесо вентилятора, который подает воздух на конденсатор и одновременно охлаждает электродвигатель компрессора.

Конденсаторы воздушного охлаждения холодильных агрегатов других типов по конструкции аналогичны.

Конденсаторы водяного охлаждения. На фреоновых и аммиачных холодильных машинах средней и крупной холодопроизводительности применяют конденсаторы водяного охлаждения. В малых фреоновых агрегатах конденсаторы такого типа применяются в торговых автоматах для охлаждения жидкостей и в агрегатах для стационарных холодильных камер малой емкости.

Кожухозмеевиковый конденсатор фреонового (рис. 33,*а*) агрегата ФАК-0,7Е для водоохладительной машины ВОМ-35М состоит из отрезка стальной трубы диаметром 108×4 мм и длиной 610 мм с приваренными сферическими донышками. Внутри кожуха помещен змеевик из 10 стальных трубок диаметром 12×1 мм, соединенных последовательно калачами на пайке. На трубках расположены витые ребра из латунной ленты толщиной 0,15 мм. Концевые трубки змеевика выведены через донышко и приварены к нему газосваркой. К концам приварены ниппели под резиновые шланги для подсоединения к водяным коммуникациям. Через штуцер на верхней части кожуха пары фреона поступают в межтрубное пространство конденсатора, жидкий фреон отводится через штуцер на донышке. Охлаждающая вода циркулирует в трубках змеевика. Поверхность конденсатора 1,04 м².

Кожухозмеевиковый конденсатор КТР-3 (рис. 33,*б*) применяется в агрегате ИФ-49М холодопроизводительностью 3000 ст. ккал/ч. Кожух выполнен из стальной трубы диаметром 194×5,5 мм, длиной около 900 мм. К одному концу кожуха приварено глухое сферическое донышко, к другому — фланец. К фланцу на шпильках крепится вставная трубная секция конденсатора из 16 медных труб диаметром 18×1,5 мм. Трубки с одного конца развальцованы в отверстиях трубной решетки, а с другого — соеди-

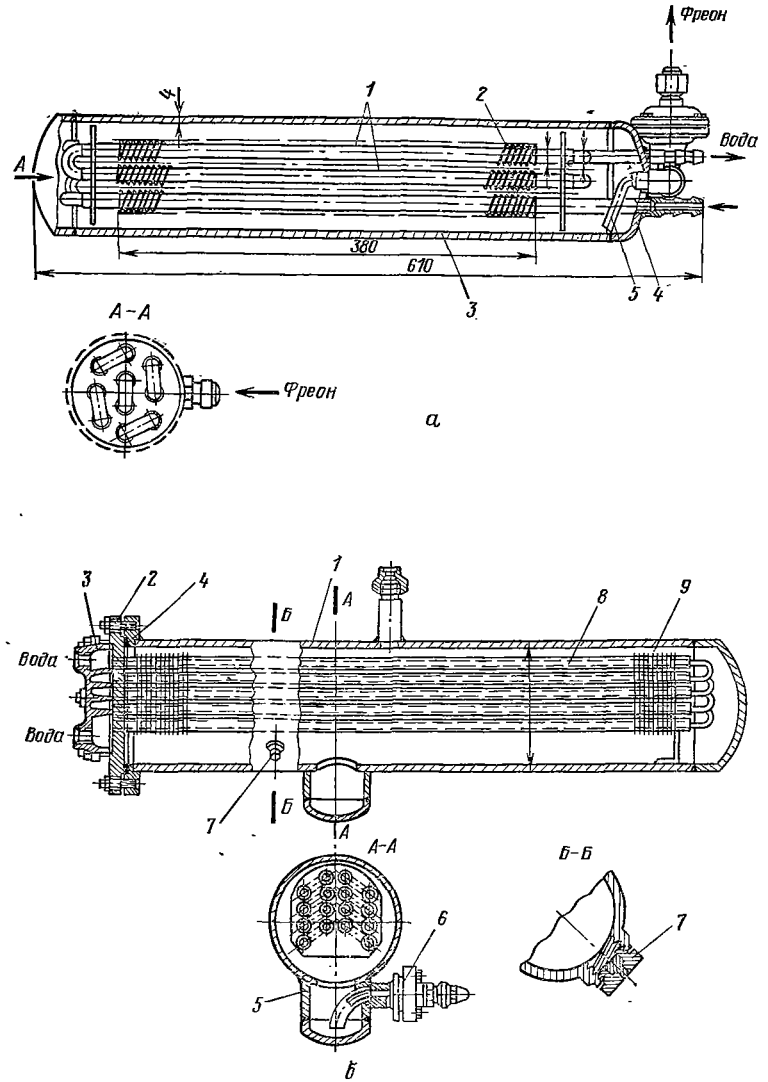


Рис. 33. Конденсаторы водяного охлаждения:

а — кожухозмеевиковый КТР-1: *1* — трубки, *2* — навитные ребра, *3* — кожух, *4* — доньшки, *5* — трубка для отвода жидкого фреона; *б* — кожухозмеевиковый КТР-3; *1* — кожух, *2* — трубная решетка, *3* — крышка решетки, *4* — прокладка, *5* — сборник жидкости, *6* — запорный жидкостный вентиль, *7* — плавкая пробка, *8* — медные трубки, *9* — ребра плоские.

нены попарно калачами. На трубы насажено 220 плоских ребер из оцинкованной стали толщиной 0,5 мм.

К кожуху сверху приварен штуцер для подачи паров фреона в межтрубное пространство, снизу — сборник с патрубком и запорным вентилем для отвода жидкого холодильного агента. Сборник и свободное от труб нижнее пространство внутри кожуха являются ресиверной частью конденсатора. На боковой стенке приварен штуцер для предохранительной пробки. Отверстие пробки диаметром до 10 мм залито легкоплавким сплавом (висмут 50%, олово 13,3%, свинец 26,7% и кадмий 10%). При температуре 65—70° С сплав пробки расплавляется и освобождает отверстие для выхода фреона наружу, чем и предохраняет конденсатор от разрушения. Трубная решетка закрыта чугунной крышкой с патрубком для входа и выхода воды и перегородками на внутренней стороне, обеспечивающими четырехходовое движение воды по трубам.

Фреон конденсируется в межтрубном пространстве, а охлаждающая вода циркулирует внутри труб змеевика. Поверхность охлаждения 3 м².

Кожухотрубные конденсаторы. Эти конденсаторы применяют в аммиачных и фреоновых холодильных машинах средней и крупной холодопроизводительности. Они изготовляются преимущественно горизонтальными с медными или стальными трубами. По конструкции кожухотрубные конденсаторы отличаются от кожухозмеевиковых наличием двух трубных решеток и двух крышек кожуха. Между собой такие конденсаторы различаются в основном величиной поверхности охлаждения, габаритами и комплектом арматуры.

Фреоновый конденсатор марки КТР-18 — ресиверный, трубный, ребристый, обечайка (кожух) изготовлена из стальной трубы диаметром 427×5 мм. К торцам обечайки приварены стальные трубные решетки, в отверстиях которых закреплены методом развальцовки медные трубы диаметром 20×3 мм с накатанными ребрами. Решетки закрыты чугунными крышками с перегородками на внутренней стороне, обеспечивающими многоходовое движение воды по трубам. На одной крышке находятся патрубки для входа и выхода воды.

К верхней части кожуха приварены патрубок для входа паров холодильного агента, штуцера для установки предохранительного клапана, манометра, воздухоспускного вен-

тиля и плиты для закрепления компрессора и электродвигателя. В нижней части размещен сборник жидкого фреона, стекло указателя уровня и опорные лапы. В ресиверной части кожуха расположены пять трубок для переохлаждения жидкости.

Перегретые пары фреона поступают через верхний патрубок кожуха. Охлаждающая вода циркулирует внутри труб, совершая последовательно шесть ходов. Длина конденсатора 1670 мм, поверхность 18 м², емкость ресиверной части 142 л. Конденсатор КТР-18 входит в комплект холодильной машины ХМФВ-20.

Аммиачный конденсатор марки КТГ-6 входит в комплект агрегата АК-АВ-22. Обечайка выполнена из стальной трубы диаметром 326×5 мм. В трубных решетках развальцованы гладкие стальные бесшовные трубы диаметром 25×2,5 мм. На нижней части кожуха приварен маслосборник с патрубком и запорным масловыпускным вентилем. В остальном конструкция КТГ-6 аналогична конструкции конденсатора КТР-18.

Оросительные конденсаторы. Конденсаторы этого типа применяются в аммиачных холодильных установках крупной холодопроизводительности. Они просты по конструкции и представляют собой плоские вертикально расположенные змеевики из стальных труб диаметром 57×3,5 мм. Секции крепят на металлическом каркасе и устанавливают над стальным или железобетонным поддоном для сбора воды. Конденсаторы комплектуется из отдельных секций (поверхность одной секции 15,4 м²). Над секциями установлены водяной бак и распределительные желоба с пилообразными верхними кромками.

Аммиак проходит внутри труб, а охлаждающая вода, стекая из желобов, равномерно орошает трубы с наружной стороны. Циркулирующий воздух частично охлаждает воду и конденсатор. Полностью охлаждается вода в градирне.

Испарительные конденсаторы. Они представляют собой трубчатые змеевики, размещенные внутри металлического шкафа. Вверху установлен вентилятор, в средней части — коллектор с форсунками, внизу — циркуляционный центробежный насос.

Аммиак циркулирует внутри труб, вода орошает трубы змеевиков и охлаждается потоком воздуха под действием вентилятора. Охлажденная вода из нижней части кожуха

подается насосом для орошения конденсатора. Испарительные конденсаторы экономичны по расходу воды. Например, расход свежей воды в среднем составляет 10% расхода воды в конденсаторах обычного типа. Такие конденсаторы выгодно применять при недостатке воды.

Тепловая нагрузка конденсатора. Тепло, отводимое в конденсаторе, называется его тепловой нагрузкой. В конденсаторе отводится все тепло, которое холодильный агент воспринял при кипении в испарителе, в трубопроводах с низкой температурой, и тепло, эквивалентное затраченной работе в компрессоре. Тепловая нагрузка $Q_к$ (в Вт) определяется по следующей формуле:

$$Q_к = Q_0 + N_i,$$

где Q_0 — тепло, воспринятое в испарителе, Вт;
N_i — индикаторная мощность компрессора, Вт.

Поверочный расчет конденсатора заключается в определении величины теплопередающей поверхности труб и расхода охлаждающей воды.

Поверхность конденсатора $F_к$ (в м^2) определяется по формуле

$$F_к = \frac{Q_к}{k \cdot \Delta t},$$

где $Q_к$ — тепловая нагрузка, Вт;
k — коэффициент теплопередачи, Вт/(м^2·К);
Δt — перепад температур в конденсаторе, т. е. разность между температурой конденсации и средней температурой охлаждающей среды, °С.

Объемный расход воды $V_{вд}$ на охлаждение конденсатора определяется по формуле

$$V_{вд} = \frac{Q_к}{c_{вд}\,\rho\,(t_{вд2} - t_{вд1})},$$

где $c_{вд}$ — теплоемкость воды, Дж (кг·К)
$t_{вд1}$ — температура входящей воды, °С;
$t_{вд2}$ — температура выходящей воды, °С.
ρ — плотность воды, кг/м^3.

Пример. Сделать поверочный расчет кожухотрубного фреонового конденсатора холодильной машины холодопроизводнтельностью 20 000 Вт. Индикаторная мощность компрессора 8 кВт. Перепад температур в конденсаторе 7°С. Температура поступающей воды 20° С, нагрев воды в конденсаторе 5°С.

Тепловую нагрузку определяем по формулам:

$$Q_к = 20000 + 8000 = 28000 \text{ Вт}.$$

Поверхность конденсатора

$$F_к = \frac{28000}{400 \cdot 7} = 10 \text{ м}^2.$$

Коэффициент теплопередачи приведен в табл 12. $k = 400$ Вт/м$^2 \cdot$ К

Расход воды определяем по формуле [$c_{вд} = 4{,}19 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ К), $\rho = 1000$ кг/м^3]

$$V_{вд} = \frac{28000}{4{,}190 \cdot 10^3 (25 - 20)} = 4{,}8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Таблица 12

Конденсаторы	Коэффициент теплопередачи k, Вт/м$^2 \cdot$К)	Примерная разность температур, °С
Фреоновые змеевиковые ребристые воздушного охлаждения	30—35	8—12
Фреоновые кожухотрубные с медными оребренными трубами	400—460	7—10
Аммиачные кожухотрубные гладкотрубные	900—1000	5—6

§ 4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, ТРУБОПРОВОДЫ И ЗАПОРНЫЕ ВЕНТИЛИ

В паровую компрессионную холодильную машину, кроме основных четырех рассмотренных элементов, входят вспомогательные аппараты и механизмы, запорная арматура и трубопроводы.

Вспомогательные аппараты создают необходимые условия для длительной и бесперебойной работы холодильной установки, облегчают регулирование рабочего процесса, повышают экономичность холодильных машин.

К вспомогательным аппаратам относят переохладители и теплообменники, ресиверы, фильтры, осушители, маслоотделители, воздухоотделители, отделители жидкости, маслосборники и др.; к вспомогательным механизмам — центробежные насосы, вентиляторы и др.

Вспомогательные аппараты

Градирни. На холодильных установках для охлаждения воды после конденсатора с целью повторного использования ее применяют градирни.

Охлаждение воды в градирне достигается в результате теплообмена между водой и воздухом и испарения части воды. Теоретическим пределом понижения температуры воды является температура мокрого термометра. Практически температура охлажденной воды бывает несколько выше температуры мокрого термометра. В принципе все типы градирен должны обеспечивать наибольшую поверхность соприкосновения воды с воздухом. По способу разбрызгивания воды градирни делятся на открытые и закрытые. Насадка градирен набирается из брусьев или досок; применяют градирни с форсунками, пленочные, с капиллярной насадкой.

Закрытая градирня с принудительной циркуляцией воздуха конструкции ВНИХИ (рис. 34) состоит из металлического шкафа высотой 2160 мм и в основании 800××610 мм. Каркас и обшивка шкафа выполнены из листовой стали. Внутри шкафа расположены коллектор с форсунками, а над ними — каплеуловитель из оцинкованной листовой стали и вентилятор. Для выхода воздуха служит отверстие диаметром 220×800 мм. В нижней части шкафа размещена орошаемая поверхность из асбоцементных пластин, окно для входа воздуха, фильтр, штуцер для воды и поплавковый клапан. Около шкафа установлен циркуляционный насос для воды.

Отепленная в конденсаторе вода подается в коллектор, распыляется в форсунках. Воздух циркулирует противотоком. В пространстве ниже форсунок происходит теплообмен между водой и воздухом. Охлажденная вода собирается в нижней части кожуха и насосом подается снова на конденсатор. Свежая вода доливается автоматически с помощью поплавкового клапана.

На градирнях такого типа для холодильных машин холодопроизводительностью от 6 до 10 тыс. ст. ккал/ч расход воды составляет в среднем 0,5÷0,6 м³/ч; расход электроэнергии — 1,5÷1,6 кВт·ч.

Пленочная градирня ВНИХИ отличается наличием капиллярной насадки, выполненной из полихлорвиниловых пластин и установленных в градирне на расстоянии 2 мм

одна от другой. Общая поверхность насадки 50 м². Вода подается насосом и распределяется по насадке устройством типа сегнерова колеса. Воздух циркулирует принудительно.

Пленочная градирня ВНИХИ может применяться для холодильных установок с тепловой нагрузкой конденсатора до 20 000 ккал/ч с понижением температуры воды на 4—6° С.

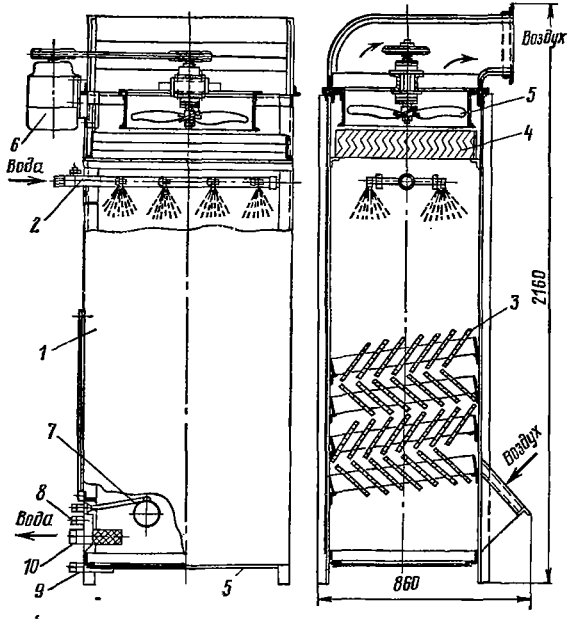


Рис. 34. Градирня конструкции ВНИХИ для малых холодильных установок:

1 — корпус; *2* — водораспределительное устройство; *3* — орошаемая поверхность; *4* — каплеуловитель; *5* — вентилятор; *6* — электродвигатель; *7* — поплавковый клапан; *8* — штуцер для перелива воды; *9* — штуцер для слива воды; *10* — фильтр.

Регулирующие станции. Они представляют собой монтажный узел регулирующих устройств, запорных вентилей, приборов автоматики и контрольно-измерительных приборов. Регулирующие станции с ручным управлением являются коллектором с патрубками и присоединенными

к ним регулирующими и запорными вентилями. Над станцией устанавливают панель с манометрами и другими измерительными приборами.

Автоматические регулирующие станции типа АРС-15, АФРС-25М для автоматизированных холодильных машин средней холодопроизводительности представляют собой металлический щит, на котором закреплены и соединены трубопроводами автоматические вентили, запорные вентили, манометры, фильтры-осушители и пр.

Переохладители и теплообменники. Они предназначаются для понижения температуры жидкого холодильного агента после конденсатора.

Переохладители с водяным охлаждением применяют в аммиачных холодильных машинах. Они выполнены в виде трубчато-змеевикового аппарата из стальных труб диаметром 57×3,5 и 38×3,5 мм, вставленных одна в другую. Внутренние трубы соединяются в змеевик чугунными калачами, наружные — приваренными патрубками. Аммиак проходит в межтрубном пространстве сверху вниз, а вода циркулирует противотоком внутри труб. При нормальной работе температура жидкого аммиака на выходе из аппарата бывает на 2—3°С выше температуры воды на входе в аппарат.

В холодильной машине с кожухотрубным конденсатором с ресиверной емкостью холодильный агент переохлаждается в нижней части конденсатора.

Теплообменники применяются во фреоновых машинах. В них жидкий фреон после конденсатора охлаждается холодными парами фреона, отсасываемыми из испарителя. При этом в теплообменнике пары значительно перегреваются, что повышает эффективность использования теплопередающей поверхности испарителя, исключает влажный ход компрессора и увеличивает действительную холодопроизводительность машины. Теплообменники малых машин (рис. 35) выполняются из медных труб типа «труба в трубе» прямыми или в виде спирали. Для машин холодопроизводительностью более 3000 ккал/ч кожухозмеевиковыми.

Кожух изготовлен из стальной трубы, а змеевик — из медной трубки. По внутренней трубке или змеевику протекает жидкий фреон, а в межтрубном пространстве противотоком проходят холодные пары фреона. Теплообмен осуществляется через стенки внутренней трубы.

Ресиверы. Ресивер служит сборником жидкого холодильного агента. В зависимости от назначения они делятся на линейные, циркуляционные и дренажные.

Линейные ресиверы используют для приема жидкого хладагента из конденсатора и хранения необходимого за-

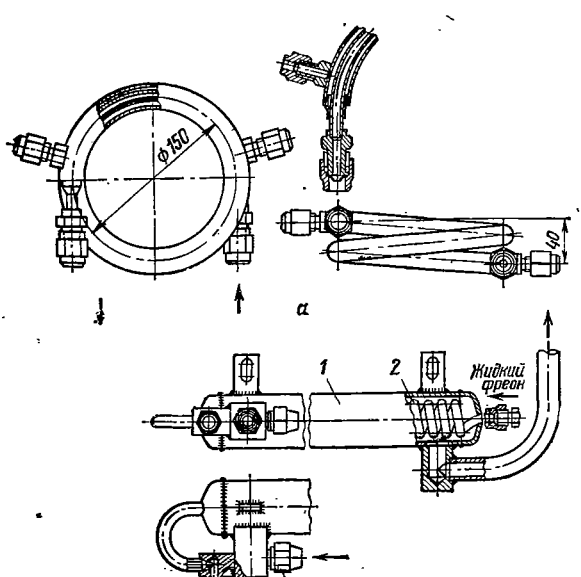


Рис. 35. Теплообменники:
а — теплообменник двухтрубный; *б* — теплообменник кожухозмеевиковый: *1* — корпус, *2* — змеевик.

паса жидкости. Емкость линейных ресиверов принимается от $^1/_3$ до $^1/_2$ часового количества холодильного агента, циркулирующего в системе. По конструкции ресиверы представляют собой стальной пустотелый горизонтальный или вертикальный сосуд с приваренными сферическими донышками. На корпусе расположены патрубки для входа и выпуска жидкого хладагента. Ресиверы емкостью больше 30 л (для фреона), 60 л (для аммиака) снабжены запорными вентилями, манометрами, предохранительными

клапанами, указателями уровня, вентилями для удаления воздуха, масла, уравнительными трубками.

Циркуляционные ресиверы применяют в аммиачных холодильных установках с принудительной циркуляцией холодильного агента.

Дренажные ресиверы устанавливают в схемах аммиачных машин с непосредственным охлаждением и системой оттаивания охлаждающих батарей горячими парами аммиака.

Фильтры. Фильтры предназначаются для улавливания механических загрязнений (окалины, ржавчины, песка и пр.), оставшихся в системе холодильной машины из-за недостаточной очистки аппаратов и труб, а также загрязнений, образовавшихся в результате разложения при высоких температурах остатков смазочного масла и органических веществ в процессе работы холодильной машины. Загрязнения нарушают нормальную работу холодильной машины и вызывают повышенный износ трущихся деталей компрессора.

Фильтры состоят из стального корпуса с патрубками Внутри корпуса расположена гильза из стальной проволочной сетки с ячейками размером 0,4—0,5 мм для аммиачных машин или из латунной сетки с ячейкой 0,1—0,2 мм для фреоновых машин.

В фильтрах для жидкого фреона, кроме сетки, устанавливаются рукавчики из асбестовой ткани или прокладки из сукна и замши. На испытательных стендах новых и отремонтированных агрегатов применяют фильтры из пористой керамики.

Осушители. Осушители предназначаются для удаления влаги из системы фреоновой холодильной машины. Влага попадает с воздухом или остается при недостаточной сушке агрегата, испарителя и трубопроводов после монтажа, ремонта, перед заполнением фреоном или выполнения других профилактических работ. Свободная вода, циркулируя в холодильной машине, вызывает коррозию деталей, а в дроссельном отверстии при температуре ниже 0° С превращается в лед, закупоривая проходное отверстие.

Влага удаляется методом поглощения ее адсорбентами: силикагелем с поглотительной способностью от 10 до 40% воды по отношению к его массе или синтетическим цеолитом NaA, поглощающая способность которого выше, чем у силикагеля.

Осушитель цеолитовый (рис. 36,*б*) состоит из стального корпуса с приваренными дном и фланцем с крышкой. Внутри установлена решетка и размещен гранулированный цеолит. Сверху слоя цеолита уложены три слоя сетки и слой сукна, прижимаемые пружиной. Сетки и сукно задерживают мелкие зерна цеолита, уносимые потоком жидкости.

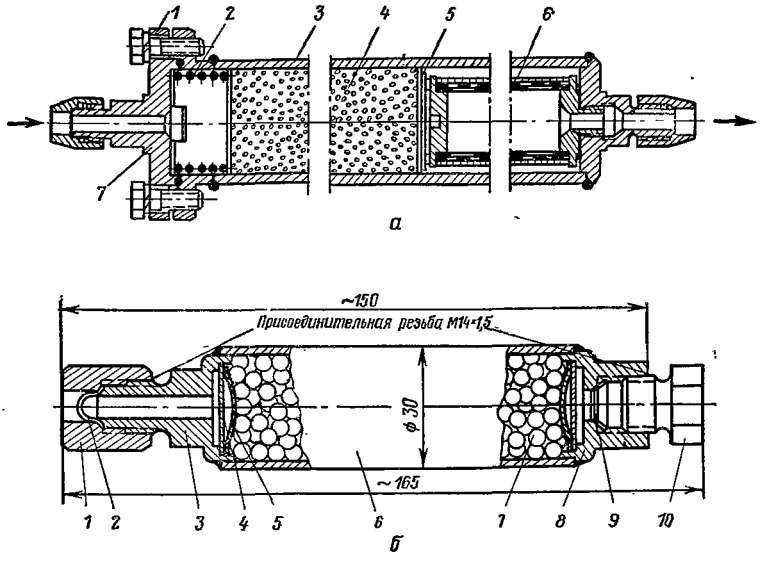


Рис. 36. Фильтры-осушители:

а — силикагелевый: *1* — крышка, *2* — пружина, *3* — корпус, *4* — зерна силикагеля, *5* — латунная сетка, *6* — фильтр, *7* — отбойник; *б* — осушитель цеолитовый: *1* — накидная гайка, *2* — заглушка, *3* — штуцер, *4* — сетка, *5* — решетка, *6* — корпус, *7* — цеолит, *8* — штуцер, *9* — прокладка, *10* — заглушка.

Фильтры-осушители применяют в холодильных установках холодопроизводительностью от 3000 ккал/ч и выше. Особенность их конструкции состоит в том, что в одном стальном корпусе, разделенном решеткой, размещен фильтр и осушитель.

Маслоотделители. Их применяют в аммиачных холодильных машинах и холодильных машинах, работающих на фреоне-22. Маслоотделители предназначены для улав-

ливания смазочного масла, уносимого из цилиндров компрессора в систему с парами холодильного агента. В холодильных машинах, работающих на фреоне-12, маслоотделители не требуются, так как масло, хорошо растворяясь, циркулирует вместе с фреоном в виде маслофреоновой смеси.

Масло, попадая в конденсаторы и испаритель, покрывает пленкой поверхность теплопередающих труб, ввиду чего термическое сопротивление стенок труб возрастает, а коэффициент теплопередачи значительно уменьшается.

Основной принцип отделения масла с помощью маслоотделителя заключается в резком уменьшении скорости (в 15—18 раз) и изменении направления движения паров холодильного агента в корпусе маслоотделителя.

По конструкции маслоотделители разделяют на сухие, с промывкой паров в жидком аммиаке, с водяным охлаждением и циклонные.

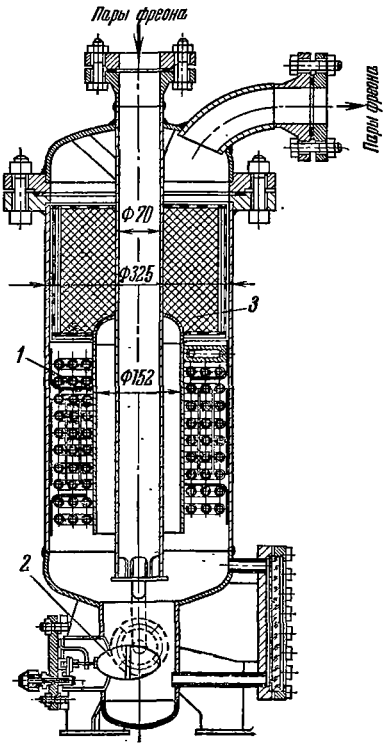


Рис. 37. Маслоотделитель с водяным охлаждением:

1 — охлаждающий змеевик; *2* — поплавковый вентиль для выпуска масла; *3*—слой керамических колец.

В аммиачных и фреоновых (фреон-22) агрегатах средней холодопроизводительности применяют маслоотделители с водяным охлаждением (рис. 37). В стальном цилиндрическом корпусе с входным и выходным патрубками размещен трубчатый змеевик (из стальных труб для аммиака и из медных для фреона), по которому циркулирует охлаждающая вода. Вверху в сетчатой коробке насыпаны керамиче-

ские кольца Рашига, внизу установлен игольчатый клапан с поплавком.

Пары холодильного агента, уменьшая скорость и меняя направление движения, дополнительно охлаждаются при омывании змеевика. При этом увеличивается вязкость масла и его остатки задерживаются в насадке из колец. Отделенное масло собирается в нижней части маслоотделителя. Масло удаляется автоматически через поплавковый клапан.

Трубопроводы и запорные вентили

Трубопроводы. Основные элементы и вспомогательные аппараты холодильной машины соединены трубопроводами. Применяют стальные бесшовные холоднотянутые трубы диаметром от 20 до 50 мм и горячекатаные трубы наружным диаметром свыше 57 мм. Трубы рассчитаны на пробное давление $40 \cdot 10^5$Па и условное рабочее давление $25 \cdot 10^5$Па.

Для фреоновых машин малой холодопроизводительности применяют медные трубы с внутренним диаметром от 3 до 20 мм.

Трубопроводы для воды и рассола выполняются из сварных газопроводных и из бесшовных труб. Диаметры труб выбираются в зависимости от объема перемещаемой жидкости или пара и скорости движения в трубопроводе. При расчетах принимают следующие скорости: во всасывающих линиях фреоновых машин — от 8 до 15 м/с, аммиачных машин — от 10 до 20 м/с, в нагнетательных линиях фреоновых машин — от 10 до 18 м/с, аммиачных машин — от 12 до 25 м/с; в жидкостных линиях фреоновых и аммиачных машин — от 0,5 до 1,0 м/с; в рассольных трубопроводах — от 1,0 до 1,5 м/с.

Трубы соединяют газовой сваркой с помощью фланцев или на резьбе с помощью гайки или муфты. Фланцевые соединения применяют для стальных труб, соединяемых с аппаратами, соединение на резьбе — для медных труб, труб малых диаметров и для контрольно-измерительных приборов и приборов автоматики.

Запорные вентили. Запорные вентили предназначаются для надежного перекрытия трубопроводов, аппаратов и других устройств в схеме холодильной машины в случае их отключения.

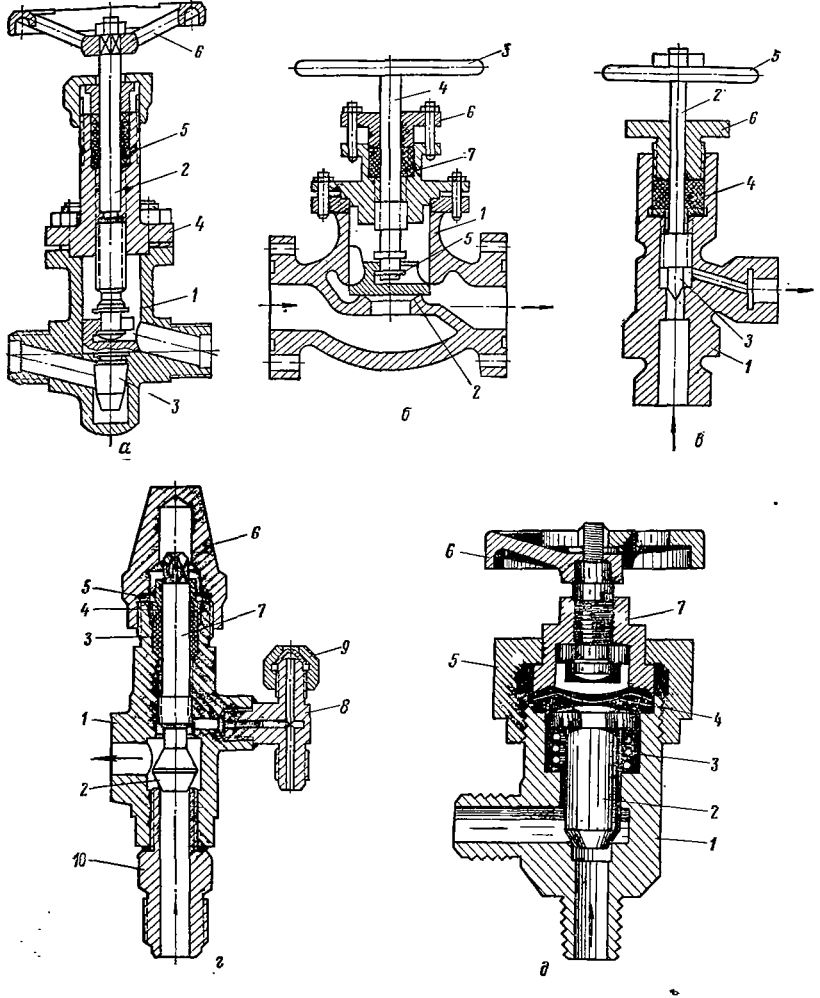


Рис. 38. Регулирующий и запорные вентили:

а — регулирующий аммиачный цапковый вентиль: *1* — корпус, *2* — шпиндель, *3* — клапан, *4* — крышка, *5* — сальник, *6* — маховик; *б* — запорный аммиачный фланцевый вентиль; *1* — корпус, *2* — седло клапана, *3* — маховик, *4* — шпиндель, *5* — клапан, *6* — нажимной фланец, *7* — сальчик; *в* — запорный угловой вентиль диаметром 6—10 мм: *1* — корпус, *2* — шпиндель, *3* — клапан, *4* — сальник, *5* — маховичок, *6* — нажимная гайка; *г* — фреоновый двухходовой запорный вентиль: *1* — корпус, *2* — клапан, *3* — набивка сальника, *4* — гайка сальника, *5* — прокладка, *6* — колпачок, *7* — шпиндель, *8* — тройник, *9* — накидная гайка, *10* — штуцер, *д* — фреоновый мембранный угловой вентиль: *1* — корпус, *2* — клапан, *3* — подъемная пружина клапана, *4* — мембрана, *5* — нажимная гайка, *6* — маховичок, *7* — шпиндель.

Запорные вентили всех типов сходны по конструкции и состоят из корпуса с внутренней перегородкой, в которой сделано проходное отверстие, крышки корпуса, клапана, шпинделя, сальника и маховика (рис. 38).

В зависимости от применяемого холодильного агента вентили подразделяются на фреоновые, аммиачные, водяные и рассольные, по способу присоединения — на цапковые, фланцевые и муфтовые, по расположению входа и выхода — на угловые и проходные.

Угловые запорные вентили применяются для трубопроводов с условным диаметром 6, 10 и 15 мм, проходные цапковые — для трубопроводов с диаметром 12—18 мм и фланцевые — для трубопроводов с диаметром от 20 мм и выше.

В угловых вентилях для малых трубопроводов клапаном служит нижний конус шпинделя. Плотное запирание клапана обеспечивается взаимным притиранием седла и конуса и прижатием вследствие перемещения шпинделя по резьбе. В цапковых проходных вентилях конусный стальной клапан имеет паз и со шпинделем соединен шарнирно.

Во фланцевых проходных вентилях у шарнирно соединяемого клапана имеется кольцевой баббитовый поясок, седлом служит конусный кольцевой выступ на краю отверстия. Сальники вентилей делают из мягкой набивки, поджимаемой гайкой или фланцем. Сальниками вентилей малых фреоновых машин являются плоские шайбы из специальной резины. Сверху шпиндели закрываются глухими гайками. У вентилей-задвижек для воды и рассола с проходным сечением 50 мм и больше запорными частями служат два плоских диска с бронзовыми кольцами, притертыми к щечкам. Плотное запирание обеспечивается с помощью клина, который прижимает диски к щечкам (внутренним плоскостям) в момент полного закрытия вентиля.

Вспомогательные механизмы

Центробежные насосы. Центробежные насосы применяются для принудительной циркуляции промежуточных теплоносителей (рассола, воды) в охлаждающей системе машины (испаритель, рассольные батареи или специальные охладители), а также для циркуляции охлажденной в градирне оборотной воды для конденсаторов.

Центробежный насос марки $1^1/_2$ К-6 (рис. 39) состоит из корпуса с расширяющимся каналом и нагнетательным

патрубком, крышки корпуса со всасывающим патрубком, рабочего колеса с лопатками, вала, опорного шарикового подшипника, сальника вала и муфты для непосредственного привода от электродвигателя.

При работе насоса возникает центробежная сила, под действием которой жидкость начинает перемещаться от центра колеса к внешней окружности. Проходя через колесо, жидкость приобретает максимальную скорость дви-

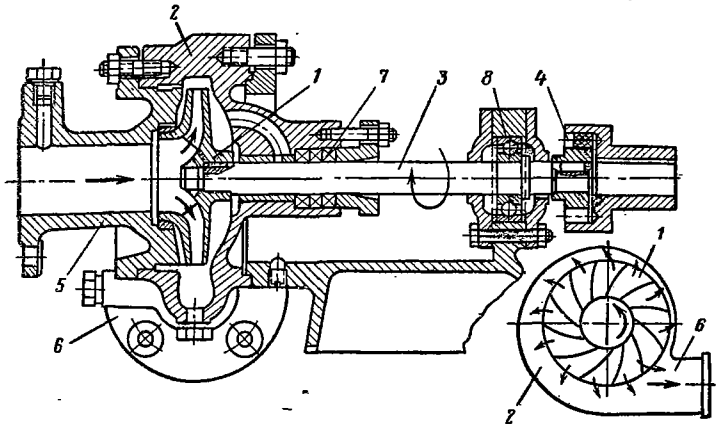


Рис. 39. Центробежный насос $1^1/_2$ К-6:
1 — рабочее колесо; *2* — корпус; *3* — вал; *4* — муфта сцепления; *5* — всасывающий патрубок; *6* — нагнетательный патрубок; *7* — сальник; *8* — шарикоподшипник.

жения, с которой и выбрасывается в расширяющийся канал. В канале скорость движения снова падает, вследствие чего кинетическая энергия струи преобразуется в потенциальную энергию с повышением давления жидкости. Жидкость поступает в насос (всасывание) вследствие разрежения, образующегося на входе в колесо при работе насоса. Таким образом, центробежный насос обеспечивает непрерывное перемещение жидкости.

Производительность центробежных насосов зависит от напора, на который влияет сопротивление сети. Наиболее экономичная работа достигается при максимальном коэффициенте полезного действия. Каждый тип насоса характеризуется производительностью, полным напором, частотой вращения вала, мощностью, высотой всасывания.

В холодильных машинах для торговых предприятий применяются одноступенчатые центробежные насосы серии «К» и марки ЦНШ для работы с малым статическим напором. Технические характеристики таких насосов приведены в табл. 13.

Таблица 13

Показатели	$1^1/_2$ К-6	$1^1/_2$ К-6а	$1^1/_2$ К-65	2К-6
Производительность, $м^3/ч$	6—14	5—13,5	4,5—13	10—30
Полный напор, м	20,3—14	16—11,2	12,8—8,8	34,5—24
Частота вращения, об/мин	2900	2900	2900	2900
Мощность двигателя, кВт	1,7	1,7	1	4,5
Внутренний диаметр патрубков, мм				
всасывающего	40	40	40	50
нагнетательного	32	32	32	40

Продолжение

Показатели	2К-6а	2К-6б	ЦНШ-40	ЦНШ-60
Производительность, $м^3/ч$	10—30	10—25	11—24	30—70
Полный напор, м	28,5—20	22—16,4	26—18	30—20
Частота вращения, об/мин	2900	2900	3000	3000
Мощность двигателя, кВт	2,8	2,8	3,2	7,4
Внутренний диаметр патрубков, мм				
всасывающего	50	50	50	76
нагнетательного	40	40	40	65

Вентиляторы. Вентиляторы применяют для создания принудительного движения воздуха на конденсаторах с воздушным охлаждением, градирнях, на воздухоохладителях, кондиционерах, машинных отделениях холодильников.

Различают два типа вентиляторов — осевые и центробежные.

В осевых вентиляторах воздух перемещается в направлении оси вала. Основной деталью является вращающее колесо с изогнутыми лопастями. Колесо закреплено на валу электродвигателя и размещено в кожухе. Осевые вентиляторы применяют для перемещения от 100 до 5000 м³/ч воздуха. Они создают низкие давления порядка 15—20 мм вод. ст. Осевые вентиляторы просты в изготовлении и обслуживании.

В центробежных вентиляторах воздух всасывается через осевое отверстие в кожухе и под действием центробежной силы, развиваемой вращающимся колесом с радиально расположенными лопатками, нагнетается через отверстие улиткообразного кожуха. Центробежные вентиляторы выпускаются малой и большой производительности. Делятся они на вентиляторы низкого давления (до 100 мм вод. ст.), среднего (от 100 до 300 мм вод. ст.) и высокого (более 300 мм вод. ст.).

Выбор вентилятора требуемой производительности производится по его размерам и номеру. Номер соответствует диаметру колеса в дециметрах. Мощность электродвигателя вентилятора выбирается с запасом на пусковой момент (коэффициент запаса от 1,5 до 1,2).

Для уменьшения шума и вибрации вентиляторы устанавливают на виброгасящие прокладки из дерева, резины, войлока или на пружинные амортизаторы.

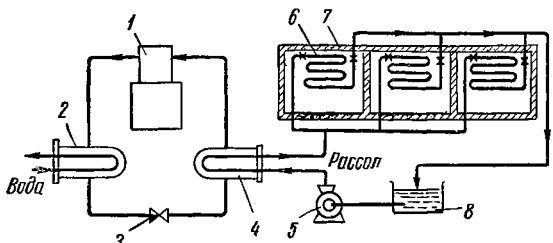
§ 5. СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

В холодильных установках применяют в основном системы непосредственного, рассольного и воздушного охлаждения.

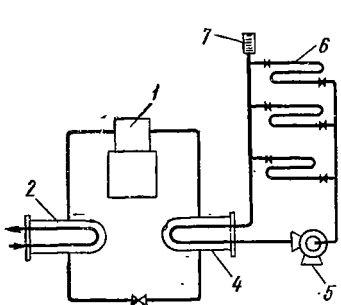
При непосредственном охлаждении кипящий в испарителе агент охлаждает непосредственно воздух в шкафу или в камере. Подача жидкого холодильного агента из конденсатора (или ресивера) в испаритель может осуществляться под действием разности давлений конденсации и кипения (безнасосные схемы) или насосом (насосные схемы). Принцип действия простейшей безнасосной схемы рассмотрен в гл. 2. По этой схеме работает большинство малых холодильных машин в торговом оборудовании.

В насосной схеме жидкий агент после дросселирования собирается в циркуляционном ресивере и только затем

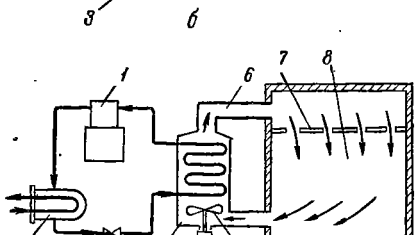
насос подает жидкость низкого давления в испарители, установленные во всех камерах. Неиспарившаяся часть жидкости стекает обратно в циркуляционный ресивер, а



а



б



в

Рис. 40. Системы:

а — с открытым рассольным охлаждением.
1 — компрессор, *2* — конденсатор, *3* — регулирующий вентиль, *4* — испаритель, *5* — рассольный насос, *6* — рассольные батареи, *7* — камеры, *8* — бак для слива рассола; *б* — с закрытым рассольным охлаждением: *1* — компрессор, *2* — конденсатор, *3* — регулирующий вентиль, *4* — испаритель, *5* — рассольный насос, *6* — рассольные батареи, *7* — расширительный бачок; *в* — с воздушным охлаждением: *1* — компрессор, *2* — конденсатор, *3* — регулирующий вентиль, *4* — воздухоохладитель, *5* — вентилятор с электродвигателем, *6* — воздуховоды, *7* — ложный потолок, *8* — камера.

пары отсасываются компрессорами. Насосные схемы применяются на крупных холодильниках. Подробнее о них см. в гл. 5.

При рассольном охлаждении камер (рис. 40, *а*) холодильный агент, который кипит в испарителе, отбирает тепло не непосредственно от воздуха камеры, а от промежуточного хладоносителя — рассола. Охлажденный в испарителе рассол поступает в батареи, расположенные в камерах, где отбирает тепло от воздуха, и отепленный сливается в бак. Насос для рассола направляет рассол из бака снова в испаритель, таким образом он постоянно циркулирует.

В последние годы применяют более совершенную схему рассольного охлаждения — закрытую (рис. 40, *б*). Рассол из камер не сливается в открытый бак, а сразу насосом подается в испаритель. Мощность, потребляемая насосом, в этой схеме меньше, чем в открытой. Значительно уменьшается также коррозия трубопроводов, поскольку в закрытую систему не попадает воздух. Для компенсации температурного расширения рассола в верхней части системы предусмотрен расширительный бачок.

Преимущества рассольного охлаждения по сравнению с непосредственным заключаются в следующем.

Рассольные холодильные установки обладают большей возможностью аккумулировать холод, т. е. после остановки компрессора рассол, оставшийся в батареях, дольше охлаждает камеры. Это позволяет без значительного отепления камер производить работы, требующие остановки компрессора на некоторое время (до суток). При непосредственном охлаждении остановка компрессора вызывает быстрое повышение температуры в холодильных камерах.

При рассольном охлаждении значительно облегчается регулирование температурного режима одновременно в нескольких камерах с разной температурой.

При рассольном охлаждении значительно сокращается емкость системы, заполненная холодильным агентом. При установке батарей непосредственного охлаждения в камерах для заполнения системы требуется большое количество агента, а многочисленные соединения батарей затрудняют герметизацию системы, что может привести к опасным условиям эксплуатации установок и потере дорогостоящего холодильного агента.

Недостатком рассольной системы по сравнению с системой непосредственного охлаждения является необходимость поддерживать более низкую температуру кипения для достижения той же температуры в камерах. Так, при температуре в камерах 0° С температура рассола должна быть —10° С, температура кипения —15° С. При непосредственном испарении для достижения той же температуры в камере температура кипения должна быть —10° С. С повышением температуры кипения повышается холодопроизводительность машины и экономичность ее работы. Кроме того, при рассольном охлаждении расходуется дополнительная электроэнергия на работу насоса.

Как в системе непосредственного охлаждения, так и в рассольной системе воздух в камере может охлаждаться либо в результате его естественной циркуляции (конвекции), либо с помощью принудительной циркуляции.

Охлаждение с помощью принудительной циркуляции воздуха называют **воздушным охлаждением**. При воздушном охлаждении (рис. 40, *в*) вентилятор продувает воздух через воздухоохладитель, который состоит из нескольких труб. В этих трубах может либо испаряться холодильный агент (воздухоохладители непосредственного испарения), либо циркулировать рассол (рассольные воздухоохладители).

Вентилятор обеспечивает большую скорость движения воздуха, что улучшает теплообмен между трубами воздухоохладителя и воздухом. Это позволяет уменьшить поверхность воздухоохладителя по сравнению с поверхностью батарей, расположенных в камерах и рассчитанных на естественную циркуляцию воздуха.

Воздухоохладитель обычно располагают около камеры. Охлажденный воздух подается вентилятором в камеру и, нагревшись там на 2—3°С, возвращается в воздухоохладитель. Иногда вентилятор располагают непосредственно в камере около пристенных или потолочных батарей. Увеличение скорости движения воздуха в камере улучшает условия передачи тепла от батарей к охлаждаемым продуктам.

Воздушное охлаждение позволяет уменьшить емкость системы, заполняемой холодильным агентом, ликвидировать металлоемкую рассольную систему, улучшить гигиенические условия хранения продуктов в камерах. В установках с воздушным охлаждением значительно упрощает-

ся оттаивание испарителя, так как не надо отводить талую воду из камер. Недостаток воздушной системы охлаждения — дополнительное потребление электроэнергии вентилятором и повышенная усушка хранимых продуктов.

Воздушное охлаждение широко применяется в установках для кондиционирования воздуха, где другие системы охлаждения почти исключены; на судовых установках, в которых затруднен отвод талой воды из трюмов при оттайке батарей; в скороморозилках, так как большая скорость движения воздуха резко сокращает продолжительность замораживания.

В практике иногда встречается сочетание различных систем охлаждения (смешанное охлаждение).

В данное время на холодильниках преимущественно применяется простая по устройству бесканальная система воздушного охлаждения. Воздухоохладители с вентилятором устанавливаются в камере. Воздух камеры при движении от вентилятора охлаждается в воздухоохладителе и охлаждает продукты.

§ 6. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Основными материалами для холодильных машин являются черные и цветные металлы, уплотнительные и фильтрующие материалы, адсорбенты и масла. Применяемые материалы должны удовлетворять следующим требованиям: быть инертными к холодильным агентам, достаточно стойкими к коррозии, не терять механической прочности при низких температурах.

Для литых чугунных деталей преимущественно используется серый чугун марок СЧ-18-36 и СЧ-21-40 с присадкой от 1 до 2% никеля.

Углеродистая сталь марок Ст. 2; Ст. 3; Ст. 10; Ст. 15 применяется для изготовления труб, обечаек, трубных решеток, крышек, фланцев, шпилек, болтов, гаек и прочих деталей.

Улучшенная углеродистая сталь марок 35; 40; 45 используется для изготовления деталей клапанов, шатунных болтов, коленчатых валов, пальцев поршней, шпинделей, шестерней и т. д.

Сталь А12 применяется для изготовления поршней и эксцентриковых валов герметичных компрессоров. Ле-

гированные стали 15Х и 20Х (хромистые) применяются для изготовления пальцев поршней, колец трения сальников; сталь 30ХГСА (хромкремнемарганцевая) — для кольцевых пластин клапанов; стали 70С2Х, У10А — для пятачковых и полосовых пластин.

Из меди М3 делают теплообменные трубки фреоновых конденсаторов, испарителей, теплообменников, а также изготовляют прокладки; из латуни Л-62 — пластинчатые ребра воздухоохладителей, испарителей и конденсаторов малых фреоновых машин, из Л-80 — сильфоны сальников и приборов автоматики.

Из бронзы марки ОФ 6,5—1,5 изготовляют втулки шатунов, кольца сальников.

Баббит Б-83 используется для заливки шатунных подшипников быстроходных компрессоров. Баббит марки БН (свинцово-никелевый) применяют для заливки сменных тонкостенных стальных вкладышей шатунных подшипников с косым разъемом.

Припой ПОС-30, ПОС-40 (мягкий) применяют для пайки сеток фильтров; припой медно-цинковый ПМЦ-54 (твердый) — для соединения деталей и узлов, работающих под давлением. Для пайки без флюса, например медных трубок с калачами, применяют медно-фосфористый припой МФ-1 температурой плавления 860° С. Пайка без флюса медных, латунных и мельхиоровых деталей производится серебряным припоем ПСр-45 температурой плавления 720° С.

Уплотнительные материалы. Прокладки для разъемных соединений сосудов, работающих под давлением до $50 \cdot 10^5$Па при температурах до 450° С, изготовляют из листового паронита толщиной от 0,3 до 2,5 мм (для фреоновых машин применяют вулканизированный паронит УВ-10 толщиной от 0,3 до 0,5 мм; для аммиачных машин — паронит толщиной от 1 до 2 мм); из специальной резины группы 3 марок 3109 и 3063, стойких к фреону, аммиаку и маслу при температурах от —30 до 130° С, и группы 6 марок 1847 и 2953, морозостойких при более низких температурах.

Набивка сальниковая асбестовая (шнур) применяется для сальниковых аммиачных вентилей, работающих под давлением до $30 \cdot 10^5$Па при температуре до 300° С. Набивку хлопчатобумажную пропитанную используют для сальников вентилей, работающих при температурах до

100° С; графит со свинцовой пропиткой марки 15ЕС и 6ЕС — для колец трения сальников фреоновых и аммиачных компрессоров. Фильтрующие материалы — сетку стальную проволочную №№ 0,56—0,4 используют для фильтров аммиачных машин; сетку проволочную из фосфористой бронзы №№ 0,08—0,04 — для фреоновых жидкостных фильтров; замшу толщиной 2 мм — для фильтров фреоновых машин холодопроизводительностью до 1000 ккал/ч; ткань асбестовую с миткалевым переплетением АТ2 — для фильтров малых и средних фреоновых машин; пористую керамику — в виде гильз, вставляемых в корпус фильтра.

Адсорбенты. Силикагель гранулированный марки КСМ величина зерен от 3,5 до 5 мм. Способность поглощения влаги от 10 до 40% к массе силикагеля, восстановление прокалкой на противне при температуре 250—300° С или сушкой горячим воздухом.

Цеолит синтетический NaA (натриевый), гранулированный — таблетки размером от 2 до 4 мм. Поглотительная способность в 2,5 раза выше, чем у силикагеля; восстановление просушкой и прокаливанием при температуре 300—400° С.

Смазочные масла Применение смазочного масла снижает износ деталей компрессора, работающих с трением, уменьшает расход энергии на преодоление трения и создает дополнительное уплотнение в малых зазорах между деталями с подвижным соединением.

Для компрессоров холодильных машин применяют минеральные жидкие масла и загущенные смазки, получаемые из продуктов переработки нефти. Вязкость смазочных масел для холодильных компрессоров должна соответствовать температурным условиям работы компрессора, температура застывания (замерзания) быть достаточно низкой, температура вспышки масляных паров — высокой. В масляных парах не должно содержаться механических примесей, кислот, щелочи и воды.

Вязкость масла характеризуется силами внутреннего трения между частицами (молекулами) при их перемещении. Различают кинематическую и условную вязкость масла. Кинематической вязкостью называется отношение динамической вязкости к плотности жидкости, измеряется она в сантистоксах (сСт). Условная вязкость измеряется отвлеченным числом, полученным из отношения продолжи-

Таблица 14

Параметры	ХА (фригус)	ХА-23	ХА-30	«Индустриальное 12»	ХФ-12-18	ХФ-22-24	ХФ-22с-16
Вязкость кинематическая при 50°С, $м^2/с$ . . .	11,5—14,5	22—24	28—32	10—14	18 (не менее)	24,5—28,4	16 (не менее)
Вязкость условная ВУ50	2,02—2,33	—	—	1,86—2,26	2,8	3,5—4,0	(2,48)
Температура вспышки в открытом тигле, не ниже, °С	160	175	185	165	160	125	225
Температура застывания, не выше °С	—40	—38	—38	—30	—40	—55	—58
Температура помутнения смеси масла с фреоном-12 не выше. °С .	—	—	—	—	—28	—76	—70
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла. не более	0,14	0,07	0,07	—	0,03	0,05	0,35
Плотность	0,9	—	—	0,9	0,9	0,9	0,97—0,98

тельности истечения 200 г масла к продолжительности истечения воды при одинаковой их температуре. При повышении температуры масла и увеличении количества растворенного холодильного агента вязкость в масле понижается. При понижении температуры и уменьшении растворенного хладагента вязкость масла увеличивается.

Температура застывания масла должна быть на таком уровне, чтобы при низких температурах кипения холодильного агента в испарителе обеспечивался возврат масла в компрессор.

Температура вспышки масляных паров должна быть на 30°С и более выше максимально допустимого перегрева паров при их сжатии в компрессоре.

Загущенные (консистентные) смазочные вещества представляют собой смеси из минерального масла и загустителей (мыло и пр.). К ним относятся солидол и конталин.

Солидол применяют для смазки шарико-роликовых подшипников, не соприкасающихся с холодильным агентом, температура нагрева его не должна превышать 50° С. Конталин применяют для смазки тех же частей, но с повышенной нагрузкой и нагревом до 130° С.

В компрессорах холодильных машин, работающих на фреоне-12 и фреоне-142, применяют масло марки ХФ-12, получаемое из нефти с малым содержанием парафина. Для компрессоров, работающих на фреоне-22, применяется масло ХФ-22.

В аммиачных компрессорах применяется масло ХА или его заменитель «Индустриальное 12», из масел новых сортов — ХА-30 или ХА-23.

Основные свойства минеральных масел приведены в табл. 14. Для предохранения масла от окисления, увлажнения и загрязнений хранить его следует в закрытом сосуде.

При эксплуатации масло неизбежно загрязняется металлическими частицами — пылью, окалиной, в него попадает вода, смолка. Масло теряет вязкость и прозрачность.

Отработавшее смазочное масло может быть восстановлено методом сепарации, фильтрования и отстоя при температуре 50—80° С.

После восстановления масло становится снова пригодным для повторного использования.

Глава 5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

§ 1. ЦЕЛЬ И ОБЪЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Автоматические приборы и устройства могут выполнять любые операции, которые производит машинист, обслуживающий холодильную установку. Однако целесообразно и даже необходимо автоматизировать процесс только в том случае, если ручное управление слишком трудоемко, не обеспечивает достаточной точности и безопасности работы или вообще невозможно (во вредных и взрывоопасных помещениях).

При этом затраты окупаются выгодами, которые дает автоматизация: повышение производительности труда; улучшение условий хранения продуктов; снижение затрат на эксплуатацию (более точно поддерживается оптимальный режим); повышение безопасности труда.

Объем автоматизации определяется схемой, конструкцией машины и условиями ее эксплуатации. В компрессионном домашнем холодильнике, например, требуется лишь регулирование температуры в шкафу и защита электродвигателя от перегрузки. На крупных установках автоматизация решает значительно более широкий круг вопросов:

регулирование отдельных процессов, т. е. поддержание в заданных пределах некоторых параметров температуры охлаждаемого объекта, степени заполнения испарителя, давления конденсации, в системах с несколькими охлаждаемыми объектами, кроме того, регулирование температуры рассола, подаваемого в батареи, или температуры (давление) кипения при непосредственном охлаждении объектов; в двухступенчатых машинах дополнительное регулирование уровня жидкости в промежуточном сосуде и иногда уровня масла в маслоотделителе или в картере компрессора;

автоматическая защита, т. е. остановка компрессора, насоса, выпуск холодильного агента, включение аварийной вентиляции и другие меры, необходимые для предотвращения опасного режима (высокого давления, температуры, попадания жидкого агента в компрессор, замерзания рассола, нарушения подачи масла в трущиеся детали

компрессора, появления опасной концентрации аммиака в помещении и т. д.);

автоматическое управление, т. е. последовательное выполнение ряда операций по команде человека (например, открывание и закрывание вентилей при пуске компрессора, оттаивании испарителей, выпуске воздуха из системы и пр.);

сигнализация об отклонении основных параметров от нормальной работы, о наступлении опасного режима (аварийная сигнализация), о включении в работу отдельных элементов, о срабатывании приборов защиты;

запись изменяющихся параметров (температуры и влажности в объектах, расхода электроэнергии и воды и пр.) для последующего анализа работы.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Машину или аппарат, в которых осуществляется процесс, подлежащий регулированию, называют о б ъ е к т о м. Величина, которую необходимо регулировать, например температура, давление, уровень жидкости, называется р е г у л и р у е м ы м п а р а м е т р о м.

Внешнее воздействие на объект, вызывающее отклонение регулируемого параметра от своего начального значения X_0, называют н а г р у з к о й и обозначают $M_н$ или $Q_н$ — при тепловой нагрузке, а величину отклонения параметра — р а с с о г л а с о в а н и е м ΔX.

$$\Delta X = X - X_0.$$

Внешнее воздействие на объект, которое уменьшает рассогласование, называют р е г у л и р у ю щ и м в о з д е й с т в и е м и обозначают $M_р$ (или $Q_р$ — при отводе тепла).

Значение регулируемого параметра X, в частности X_0, держится постоянным только при условии, что регулирующее воздействие равно нагрузке, т. е. $X=\text{const}$ только при $M_р=M_н$.

Устройство, которое автоматически изменяет регулирующее воздействие на объект, поддерживая регулируемый параметр в заданных пределах, называют а в т о м а т и ч е с к и м р е г у л я т о р о м или просто р е г у л я т о р о м.

Объект вместе с регулятором образуют **системы автоматического регулирования**. Различают регулирование по нагрузке (рис. 41, *а*) и по рассогласованию (рис. 41, *б*). В первом случае регулятор воспринимает изменение нагрузки и на столько же изменяет

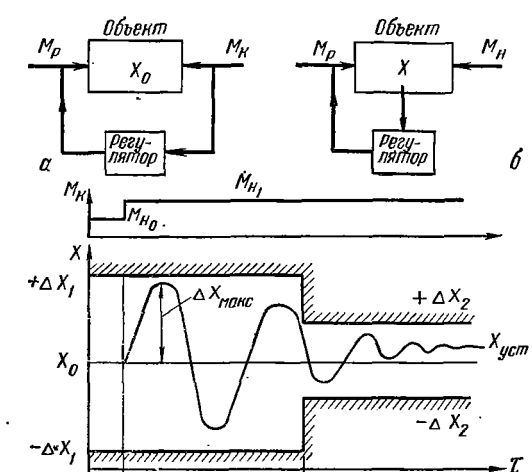


Рис. 41. Система автоматического регулирования:

а — по нагрузке (по возмущению); *б* — по рассогласованию; *в* — процесс регулирования под действием ступенчатой нагрузки.

регулирующее воздействие, поддерживая равенство $M_р = M_н$. В идеальном случае заданное начальное значение параметра при этом не изменяется. Однако в большинстве случаев на регулируемый параметр влияет нагрузка различного рода. Например, на температуру в шкафу влияет теплоприток через ограждения, открывание дверок, загрузка продуктами и т. д. Поэтому проще следить за отклонением регулируемого параметра, т. е. изменять регулирующее воздействие $M_р$ в зависимости от величины рассогласования. В обоих случаях объект и регулятор образуют замкнутый контур взаимодействия.

Изменение величины рассогласования во времени, вызванное изменением нагрузки, называют **процессом**

регулирования. При испытаниях системы проще всего осуществить ступенчатое изменение нагрузки, т. е. резко изменить величину нагрузки (на рис. 41, *в* — от значения $M_{н_0}$ до $M_{н_1}$) и оставить ее на этом новом уровне.

Процесс регулирования, возникающий под действием ступенчатой нагрузки, называют переходным.

Качество регулирования, о котором судят обычно по переходному процессу, должно удовлетворять следующим основным требованиям:

значение регулируемого параметра в установившемся режиме $X_{уст}$ не должно выходить за допустимые пределы $X_0 \pm \Delta X_2$;

период регулирования (с момента резкого изменения нагрузки до момента, после которого значение X не выходит за пределы $X_0 \pm \Delta X_2$) должен быть как можно меньше;

отклонения параметра $\Delta X_{макс}$ за период регулирования не должны выходить за пределы $X_0 \pm \Delta X_1$.

Значения параметра в установившемся режиме должны быть не только в допустимых пределах, но и как можно меньше отклоняться от начального значения X_0. Отклонение $X_{уст}$ от X_0 называют статической ошибкой:

$$\Delta X_{ст} = X_{уст} - X_0.$$

Обычно чем больше нагрузка, тем больше $\Delta X_{ст}$, однако величина ее, как и другие показатели качества регулирования, зависят не только от выбранного регулятора, но и от свойств самого объекта.

§ 3. СВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Значение регулируемого параметра часто зависит от точки измерения. Например, температура воздуха в шкафу около испарителя всегда ниже, чем в отдаленных точках. Для упрощения за регулируемый параметр принимают среднее значение. При большом сопротивлении между одной и другой частью объекта значение параметров в них существенно различается. Объект с двумя или тремя регулируемыми параметрами называют двух- или трехъемкостными.

Рассмотрим простейший одноемкостный объект (рис. 42, *а*). Начальное значение регулируемого параметра X_0 (высота уровня) поддерживается постоянным, когда регулирующее воздействие $M_р$ и нагрузка $M_н$ равны между собой и соответствуют своим начальным (обычно средним) значениям $M_{р0}$ и $M_{н0}$. Небольшое увеличение нагрузки (приоткрыли вентиль *В1*) приводит к непрерывному возрастанию уровня. При этом скорость возрастания зависит от емкости сосуда (точнее, площади сечения): чем меньше емкость, тем быстрее увеличивается уровень. Изменение

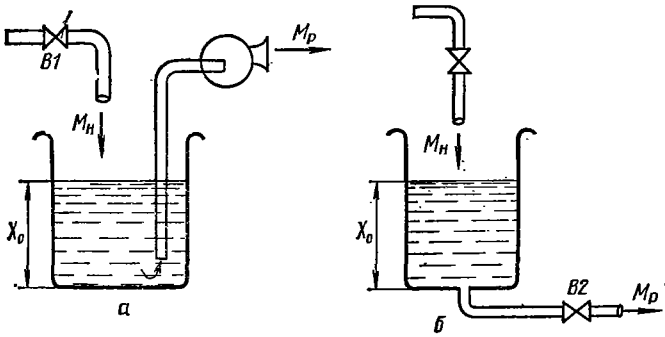


Рис. 42 Одноемкостные объекты:
а — без самовыравнивания; *б* — с самовыравниванием на стороне регулирующего воздействия.

уровня не влияет в данном случае ни на нагрузку, ни на регулирующее воздействие (производительность насоса не зависит от высоты уровня). Такой объект называют объектом без самовыравнивания. Чтобы поддерживать постоянное значение уровня, необходим регулятор, который с увеличением нагрузки соответственно увеличивал бы производительность насоса.

Однако бывают объекты, у которых изменение регулируемого параметра приводит к изменению нагрузки или регулирующего воздействия (рис. 42, *б*). С увеличением высоты столба жидкости расход ее через вентиль *В2* возрастает, и когда он достигнет величины нагрузки, т. е. наступит равенство $M_р = M_н$, повышение уровня прекратится. Влияние изменения регулируемого параметра на регулирующее воздействие или на нагрузку называют самовыравнивани

нивание м. Это очень важное свойство объектов, которое в ряде случаев облегчает, а иногда и полностью заменяет регулирование. Действительно, пусть мы имеем равенство $M_{р_0}=M_{н_0}$, при котором $X=X_0$. При изменении нагрузки до $M_{н_1}$ уровень растет. Одновременно растет и регулирующее воздействие. Когда его новое значение $M_{р_1}$ станет равно $M_{н_1}$, уровень примет значение X_1. С увеличением нагрузки до $M_{н_2}$ установится уровень X_2 и т. д.

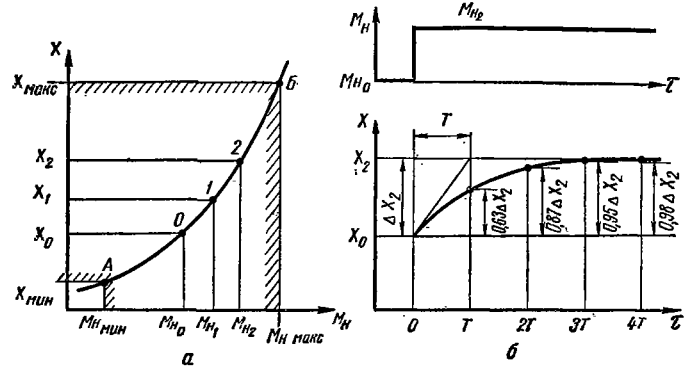


Рис. 43. Характеристики объекта:
а — статическая; *б* — переходная.

Таким образом, каждому значению нагрузки соответствует свое установившееся значение параметра. Эту зависимость называют статической характеристикой объекта (рис. 43, *а*). По ней можно определить, требуется регулирование или нет. Значения нагрузки в условиях эксплуатации обычно не выходят за пределы $M_{н\,макс}$ и $M_{н\,мин}$, поэтому и значения регулируемого параметра находятся в пределах от $X_{макс}$ до $X_{мин}$ (точки *А* и *Б*). Если эти пределы выходят за зону допустимых значений параметра, то требуется регулирование. При частых изменениях нагрузки применяют автоматическое регулирование.

Новое установившееся значение параметра, вызванное изменением нагрузки, устанавливается не мгновенно, а в течение некоторого отрезка времени, которое называют п е р е х о д н ы м (или инерционным) з а п а з д ы в а н и е м (рис. 43,*б*). Оно зависит от свойств объекта (величины емкости и самовыравнивания) и определяется посто-

янной времени объекта T, которая показывает, за какой период времени параметр принял бы свое новое установившееся значение, например X_2, если бы скорость его изменения, приняв начальное значение, далее не изменялась. Однако в результате самовыравнивания разность между нагрузкой и регулирующим воздействием становится все меньше, и скорость изменения параметра уменьшается. Практически продолжительность переходного процесса равна примерно $3T$—$4T$, так как за этот промежуток времени отклонение параметра ΔX достигает уже 95—98% величины установившегося отклонения $\Delta X_2 = X_2 - X_0$.

Кроме переходного, существует также чистое (или транспортное) запаздывание, при котором изменение нагрузки в течение некоторого отрезка времени не влияет на регулируемый параметр. Например, при сравнительно длинном трубопроводе открывание вентиля *B1* (см. рис. 42,*а*) вызывает появление жидкости в сосуде только через несколько секунд. Общее запаздывание складывается из чистого и переходного.

§ 4. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Основные элементы регуляторов. Автоматический регулятор имеет следующие основные элементы (рис. 44).

Чувствительный элемент воспринимает изменение регулируемого параметра X и преобразует его в параметр X_1, более удобный для регулирования (например, температуру — в давление, уровень — в перемещение поплавка и т. д.).

Задающее устройство вырабатывает сигнал, соответствующий заданному (начальному) значению параметра. Оно служит как бы эталоном, позволяющим учесть отклонение регулируемого параметра от заданного значения. Обычно задающее устройство позволяет с помощью настройки поддерживать то или иное начальное значение регулируемого параметра в некоторых пределах.

Элемент сравнения (сумматор) вырабатывает сигнал, соответствующий сигналу рассогласования.

Регулирующий орган преобразует сигнал элемента сравнения X_3 в параметр X_4, непосредственно влияющий на регулирующее воздействие (например, площадь сечения открытия клапана).

Кроме этих четырех основных элементов, в регулятор могут входить дополнительные элементы для преобразования одного сигнала в другой (например, для передачи сигнала на расстояние), узлы настройки отдельных параметров и др. Некоторые детали могут выполнять функции одновременно двух и более элементов. Если мощность сигнала рассогласования достаточна для воздействия на регулирующий орган, то регулятор называют *регулятором прямого действия*.

Если мощность сигнала недостаточна для перемещения регулирующего органа, то применяют *регуляторы непрямого действия* (рис. 45). В этих регуляторах основной регулирующий орган *РО* приводится в действие от исполнительного механизма *ИМ*, который использует внешний источник энергии *Е*. При этом чувствительный элемент *ЧЭ*, задающее устройство *ЗУ*, элемент сравнения *ЭС* и регулирующий орган $РО_1$ обычно компонуются в один прибор, называемый пилотным или управляющим регулятором. Он представляет собой регулятор прямого действия и служит для изменения энергии, подводимой к исполнительному механизму от внешнего источника *Е*.

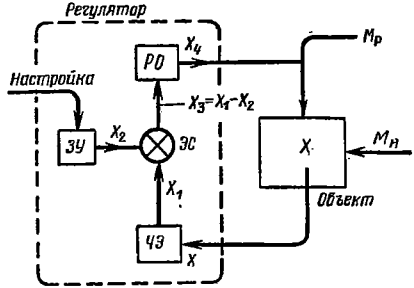


Рис. 44. Блочная схема прямого регулирования:

ЧЭ — чувствительный элемент; *ЭС* — элемент сравнения (сумматор); *РО* — регулирующий орган; *ЗУ* — задающее устройство; $M_н$ — нагрузка; $M_р$ — регулирующее воздействие.

В регуляторах непрямого действия всегда имеется усилитель мощности. Конструктивно усилитель иногда представляет собой отдельный прибор. В приведенной схеме усилитель состоит из элементов $РО_1$ и *ИМ*. За счет внешнего источника энергии слабый по мощности сигнал элемента сравнения X_3 преобразуется в сигнал X_5, достаточный для перемещения регулирующего органа *РО*.

Классификация регуляторов. Регуляторы классифицируют по следующим признакам:

по виду регулируемого параметра — регуляторы давления, температуры, уровня и т. д., различаются конструкцией чувствительного элемента;

по мощности сигнала рассогласования — прямого и непрямого действия; последние в зависимости от рода энергии, подводимой к исполнительному механизму, подразделяют на электрические, гидравлические, пневматические и др.;

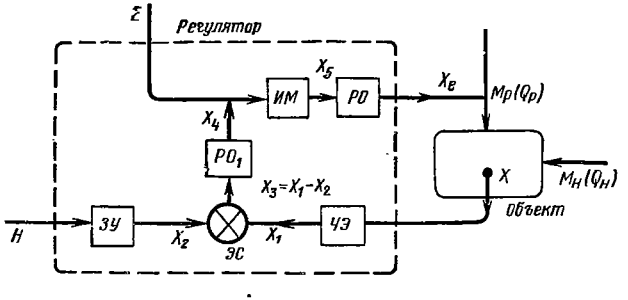


Рис. 45. Блочная схема непрямого регулирования:
$M_н$ ($Q_н$) — нагрузка: $M_р$ ($Q_р$) — регулирующее воздействие; *ЧЭ* — чувствительный элемент; *ЭС* — элемент сравнения (сумматор); *ЗУ* — задающее устройство; $РО_1$ и *РО* — первичный и основной регулирующие органы; *ИМ* — исполнительный механизм; *Е* — внешний источник энергии; *Н* — настройка.

по типу задающего устройства — стабилизирующие (с настройкой на постоянное значение регулируемого параметра, т. е X_0=const); программные, настройка у них через определенные интервалы времени автоматически изменяется на другое постоянное значение параметра; следящие, у которых настройка непрерывно меняется в зависимости от какого-либо внешнего параметра; оптимизирующие, т. е. имеющие специальное устройство, которое в зависимости от внешних нагрузочных параметров находит оптимальное значение регулируемого параметра и обеспечивает перенастройку регулятора на это оптимальное значение;

по числу возможных положений регулирующего органа — позиционные (релейные), плавные (непрерывного действия). У позиционных регулирующий орган может занимать только два, три или несколько определенных положений (соответственно двух-, трех- и многопозиционные регуляторы); в регуляторах плавного действия регули-

рующий орган может остановиться в любом промежуточном (между двумя крайними) положении;

по закону регулирования, т. е. по связи между входным и выходным параметрами — пропорциональные, у которых изменение регулируемой величины X (входной параметр) вызывает пропорциональное изменение выходного параметра Y (например, величины открытия клапана);

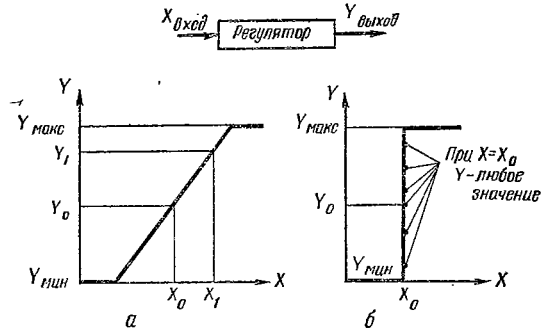


Рис 46. Статическая характеристика регуляторов:
а — статических, *б* — астатических.

пропорционально-дифференциальные, у которых на величину Y влияет не только отклонение входного параметра X, но и скорость его изменения; интегральные, у которых отклонение ΔX влияет не на положение клапана Y, а на скорость его перемещения. Существуют регуляторы и с более сложными законами регулирования;

по статической характеристике — статические и астатические.

У статических регуляторов (рис. 46) значение выходного параметра Y (например, площадь сечения открытия клапана) однозначно (жестко) определяется величиной входного параметра X (давлением, температурой и т. д.). Их называют иногда регуляторами с жесткой связью. При регулировании они дают статическую ошибку, т. е. отклонение установившегося значения регулируемого параметра $X_{уст}$ от своего начального значения X_0. Действительно пусть при начальном значении нагрузки $M_{н_0}$ параметр $X=X_0$, открытие клапана $Y=Y_0$ и обеспечивает $M_р=M_{н_0}$.

При увеличении нагрузки до $M_{н_1}$ установившееся со-

стояние наступит только тогда, когда клапан откроется на величину Y_1, обеспечивающую регулирующее воздействие $M_{р_1}$, равное нагрузке $M_{н_1}$. Согласно статической характеристике, большее открытие клапана Y_1 возможно только при увеличенном значении параметра, т. е. при $X=X_1$ таким образом, неизбежна статическая ошибка $\Delta X_{ст}=X_1-X_0$. Поэтому эти регуляторы и называют статическими.

У астатических регуляторов (рис. 46,*б*) малейшее отклонение входного параметра X вызывает непрерывное движение регулирующего органа с определенной скоростью до предельного значения $Y_{макс}$, но если отклонение исчезнет (X станет равным X_0), то скорость перемещения регулирующего органа станет равной нулю и он остановится в таком положении, при котором $M_р=M_{н_1}$.

Если регулирующий орган остановится в другом положении ($M_р\neq M_{н_1}$), то это вызовет отклонение X от X_0 и повторное его движение. Установившееся состояние может наступить только при $X=X_0$, т. е. когда статическая ошибка равна нулю. Именно поэтому их и называют астатическими.

Многопозиционные регуляторы с известным приближением также можно разделить на статические и астатические.

В холодильных установках наиболее распространены стабилизирующие регуляторы температуры, давления, уровня и влажности, воспринимающие величину рассогласования. Из регуляторов непрерывного действия применяют в основном пропорциональные регуляторы прямого действия, из релейных — двух-, трех- и четырехпозиционные регуляторы непрямого действия.

Пропорциональные регуляторы. Регулятор, показанный на рис. 47,*а*, служит для поддержания заданного давления p_2 в коллекторе после клапана (обозначим его X). С увеличением разбора газа через вентиль B (нагрузка $M_н$) начальное давление X_0 падает. Чувствительным элементом, воспринимающим изменение этого давления, служит гибкая мембрана *1*. Под действием сжатой пружины *2* мембрана прогибается вниз, и точка $Б$ опускается. Другой конец рычага *4* (точка A) открывает проходное сечение клапана Y, увеличивая подачу газа в коллектор $M_р$. Это регулирующее воздействие увеличивает давление X, и оно почти достигает своего начального значения X_0.

Регуляторы, у которых перемещение регулирующего органа ΔY (отклонение от начального значения) пропорционально отклонению регулируемой величины ΔX, назы-

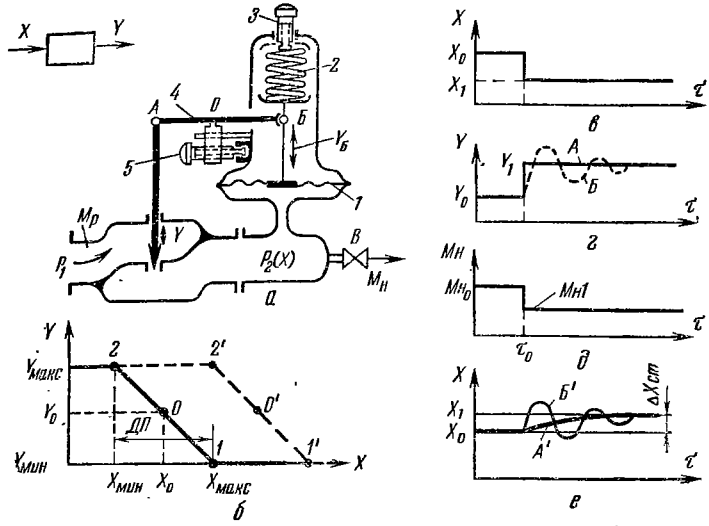


Рис. 47. Пропорциональный регулятор давления:

а — схема действия; *б* — статическая характеристика; *в* — ступенчатое изменение входного параметра регулятора; *г* — переходная характеристика регуляторов (*А* — идеального, *Б* — реального); *д* — ступенчатое изменение нагрузки; *е* — переходный процесс регулирования.

ваются пропорциональными (П-регуляторами). Согласно определению

$$\Delta Y = K\Delta X,$$

где K — коэффициент усиления, показывающий чувствительность регулятора, т. е. величину перемещения регулирующего органа РО, вызванную изменением входного параметра на одну единицу измерения.

Предел изменения регулируемой величины, обеспечивающий перемещение *РО* из одного крайнего положения в другое, называют диапазоном пропорциональности *ДП* (см. рис. 47,*б*).

$$ДП = X_{макс} - X_{мин}.$$

тогда коэффициент усиления

$$K = \frac{Y_{макс} - Y_{мин}}{X_{макс} - X_{мин}}.$$

Обычно значение $Y_{мин} = 0$ (клапан закрыт). В зависимости от конструкции регулятора увеличение давления может как закрывать, так и открывать клапан.

Положение средней точки X_0 (или соответственно величины начала открытия клапана $X_{макс}$) может регулироваться натяжением пружины *2* при помощи винта *3* (задающее устройство). С увеличением сжатия пружины среднее значение регулируемого параметра возрастает от X_0 до X_0', т. е. статическая характеристика смещается вправо. Пределы изменения настройки начального (среднего) значения параметра называют диапазоном регулирования.

Коэффициент усиления, т. е. чувствительность регулятора, можно увеличить перемещением центра вращения рычага *АБ* (точка *0*) винтом *5* (см. рис. 47,*а*) или заменой пружины *2* на другую, более мягкую. При этом угол наклона прямой *1—2* (статическая характеристика) с осью абсцисс увеличится, что уменьшит диапазон пропорциональности. Однако у большинства регуляторов диапазон пропорциональности (и соответственно коэффициент усиления) не регулируется.

Переходная характеристика идеального П-регулятора показывает, что под действием ступенчатого изменения входного параметра с X_0 до X_1 (рис. 47,*в*), клапан мгновенно занимает новое положение Y_1, которое с течением времени уже не изменяется (прямая *А*). У реальных регуляторов вследствие инерции движущихся частей клапан может открыться больше, чем это следует из статической характеристики («перерегулирование»), т. е. пружина окажется более сжатой. После некоторых колебаний (кривая *Б*) клапан снова примет значение Y_1, соответствующее X_1.

Применение П-регуляторов неизбежно приводит к статической ошибке. Действительно, пусть при $M_{н_0} = M_{р_0} = 100$ л/мин открытие клапана $Y_0 = 10$ мм и начальное давление $X_0 = 5 \cdot 10^5$ Па. При ступенчатом снижении нагрузки до $M_{н_1} = 80$ л/мин (рис. 47,*д*) давление X_0 начнет повышаться до тех пор, пока прикрытие клапана не снизит приток газа до $M_{р_1} = M_{н_1} = 80$ л/мин, что соответствует открытию клапана, например 8 мм. А это возможно только при условии, что пружина сжата сильнее, т. е. новое ус-

тановившееся давление должно быть несколько выше, чем X_0, например $X_1 = 5{,}2 \cdot 10^5$Па, т. е. на $0{,}2 \cdot 10^5$Па выше начального (рис. 47,*е*).

Если сделать регулятор более чувствительным (увеличить коэффициент усиления), то статическую ошибку

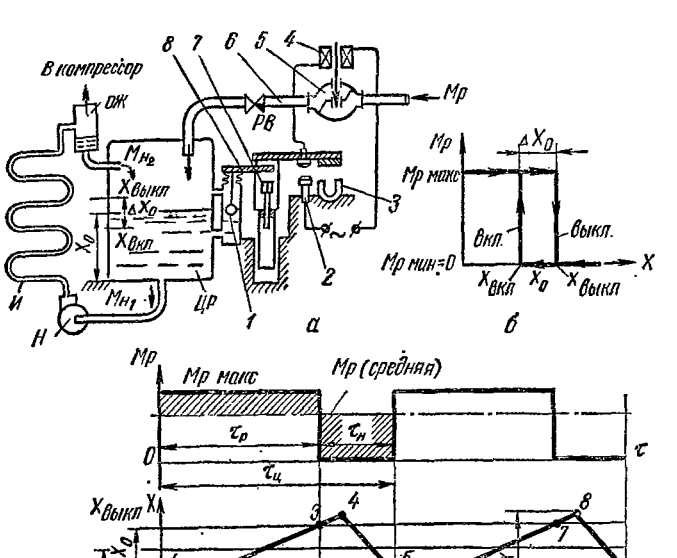


Рис. 48. Двухпозиционное регулирование:

а — схема регулятора уровня; *б* — статическая характеристика; *в* — процесс регулирования; *ЦР* — циркуляционный ресивер; *Н* — насос; *И* — испаритель; *ОЖ* — отделитель жидкости; *РВ* — регулирующий вентиль.

можно снизить, но тогда продолжительность затухания колебаний для реального регулятора (кривая *Б′*) будет больше.

Для снижения статической ошибки без ухудшения качества переходного процесса применяют регуляторы плавного действия с более сложными законами регулирования. Однако в холодильных машинах широкого применения они не получили.

Двухпозиционные регуляторы. Рассмотрим двухпозиционное регулирование уровня в циркуляционном ресивере *ЦР* (рис. 48). Жидкий холодильный агент в количестве $M_{н_1}$ забирается из ресивера насосом *Н* и подается в испарительные батареи *И*. Часть его выкипает и отсасывается компрессором. Неиспарившийся жидкий агент в количестве $M_{н_2}$ сливается обратно в ресивер *ЦР*. Таким образом, количество жидкости в ресивере в единицу времени уменьшается на величину $M_н = M_{н_1} - M_{н_2}$.

При снижении уровня до отметки $X_{вкл}$ поплавок *1* (чувствительный элемент) опустится и замкнет электрические контакты *2*. Катушка электромагнита *4* втянет сердечник и откроет клапан (регулирующий орган). Максимальная производительность регулятора $M_{р_{макс}}$ на 20—30% выше максимальной нагрузки. Поэтому при открытом клапане уровень увеличивается и когда он достигнет $X_{выкл}$, контакты разомкнутся и клапан *5* закроется.

Таким образом, двухпозиционный регулятор может иметь только два значения производительности: $M_{р_{макс}}$ (клапан открыт) и $M_{р_{мин}}$ (клапан закрыт).

Средняя производительность регулятора $M_р$ зависит от продолжительности открытия клапана $\tau_р$ и закрытия $\tau_н$

$$M_р = \frac{M_{р_{макс}} \tau_р + M_{р_{мин}} \tau_н}{\tau_р + \tau_н}.$$

Обычно $M_{р_{мин}} = 0$ и формула упрощается:

$$M_р = M_{р_{макс}} \frac{\tau_р}{\tau_р + \tau_н}, \text{ или } M_р = bM_{р_{макс}},$$

где $b = \frac{\tau_р}{\tau_р + \tau_н}$ — коэффициент рабочего времени.

Например, продолжительность работы $\tau_р$ 5 мин, нерабочая часть цикла $\tau_н = 15$ мин. Тогда $b = \frac{5}{5+15} = 0{,}25$, т. е. $M_р = 0{,}25\ M_{р_{макс}}$.

В установившемся режиме $M_р = M_н$, поэтому, зная нагрузку и максимальную производительность регулятора, можно определить, что

$$b = \frac{M_н}{M_{р_{макс}}}.$$

Разность между значениями регулируемого параметра в момент включения и отключения называют дифференциалом регулятора

$$\Delta X_0 = X_{\text{вкл}} - X_{\text{выкл}}.$$

Из статической характеристики регулятора (см. рис. 43,*б*) видно, что, если уровень ниже $X_{\text{вкл}}$, клапан всегда открыт, если уровень выше $X_{\text{выкл}}$, то клапан закрыт. В интервале ΔX_0 клапан может быть открыт или закрыт: после выключения он остается закрыт, после включения — открыт.

Двухпозиционные регуляторы непрямого действия обычно состоят из двух приборов:

реле (уровня, давления, температуры и т. д.), объединяющего чувствительный элемент, задающее устройство, элемент сравнения и первичный *РО* (электрические контакты), т. е. прибор, который при отклонении регулируемого параметра замыкает электрические контакты;

исполнительного механизма (включающий основной регулирующий орган).

Реле обычно имеет две настройки: диапазона регулирования среднего значения и дифференциала. При изменении заданного среднего значения величина дифференциала не изменяется: значения $X_{\text{вкл}}$ и $X_{\text{выкл}}$ изменяются одновременно на одинаковую величину. Дифференциал регулируется изменением только одной отметки (обычно, $X_{\text{вкл}}$).

В регуляторе уровня (см. рис. 48,*а*) среднее значение X_0 не регулируется и определяется высотой крепления поплавковой камеры. Регулировка дифференциала осуществляется винтом *7*. При опускании головки винта свободный ход планки *8* и соответственно дифференциал увеличиваются. Магнит *3* обеспечивает резкость замыкания контактов *2* во избежание их пригорания.

С увеличением силы магнита дифференциал также возрастает.

Процесс регулирования (рис. 48,*в*), т. е. зависимость изменения уровня в объекте от времени, определяется производительностью и настройкой регулятора ($M_{\text{рмакс}}$, X_0, ΔX_0), свойствами объекта, величиной нагрузки.

Пример. После открытия регулятора (точка *1*) уровень еще несколько снижается (процесс *1—2*), время запаздывания $\tau_з$ за-

висит от длины трубопровода *6*, от инерционности самого регулятора (после замыкания контактов открытие клапана *5* происходит не мгновенно). Далее уровень возрастает, так как производительность регулятора $M_{\text{р макс}}$ всегда больше нагрузки. В точке *3* клапан закрывается, но вследствие запаздывания уровень еще несколько возрастает (*3—4*) и затем снижается (*4—5*). Далее цикл повторяется (*5—6—7—8—9*). Амплитуда колебаний уровня ΔX в этом примере больше, чем дифференциал регулятора ΔX_0. Однако если чувствительный элемент воспринимает не отклонение регулируемого параметра X, а другую связанную с ним величину $X_1 = kX$ (где $k < 1$), то можно осуществить процесс, в котором ΔX будет меньше ΔX_0.

С уменьшением нагрузки разность $M_{\text{р макс}} - M_{\text{н}}$ увеличивается, скорость возрастания уровня будет больше (угол α прямой *2—3* станет больше, и точка *3* сместится влево), регулятор скорее выключится, т. е. $\tau_{\text{р}}$ уменьшится, а $\tau_{\text{н}}$ увеличится.

Это снизит коэффициент рабочего времени и среднюю производительность регулятора.

Многопозиционные регуляторы. Требуемая температура в камере часто обеспечивается двухпозиционным регулированием: при достижении заданной температуры реле температуры размыкает электрические контакты и останавливает компрессор.

При повышении температуры на 2—3° С реле снова включает компрессор.

Уменьшения амплитуды колебаний температуры в объекте при двухпозиционном регулировании можно достигнуть только более частым включением и остановкой компрессора. Это вызывает дополнительный расход энергии (в момент пуска) и снижает надежность электропусковых приборов. В связи с этим часто применяют многопозиционное регулирование: вместо одного большого устанавливают несколько мелких компрессоров. Компрессоры автоматически включаются по мере увеличения тепловой нагрузки.

В объекте с тремя компрессорами (холодопроизводительностью 1000 Вт каждый) может быть осуществлено четырехпозиционное регулирование (0, 1000, 2000 и 3000 Вт). На рис. 49 показана схема их включения. Каждый компрессор включается от своего реле температуры, причем настройка *РТ* смещена (рис. 49,*б*). При температуре 4° С и выше работают все три компрессора. Когда температура объекта $t_{\text{об}}$ достигнет 2° С, компрессор 3 КМ остановится. Если тепловая нагрузка больше 2000 Вт,

$t_{об}$ будет повышаться и при 4°С компрессор 3 КМ снова включится. Если нагрузка менее 2000 Вт (от 1000 до 2000 Вт), то после остановки компрессора 3 КМ $t_{об}$ будет снижаться и при 1 °С остановится компрессор 2 КМ, а при 3 °С он снова включится. При нагрузке менее 1000 Вт работает только компрессор 1 КМ, поддерживая $t_{об}$ от 0 до 2 °С.

Таким образом, при нагрузке от 0 до 1000 Вт $t_{об}$ = =0—2° С; при нагрузке от 1000 до 2000 Вт $t_{об}$=1—3° С; при нагрузке от 2000 до 3000 Вт $t_{об}$=2—4° С, следовательно, чем выше нагрузка, тем выше средняя температура в камере, т. е. имеем схему пропорционального шагового регулирования.

При большом числе компрессоров общее колебание температуры $\Delta X_{общ}$ в этой схеме возрастает, так как разность между температурами включения соседних компрессоров должна быть не менее 1°С.

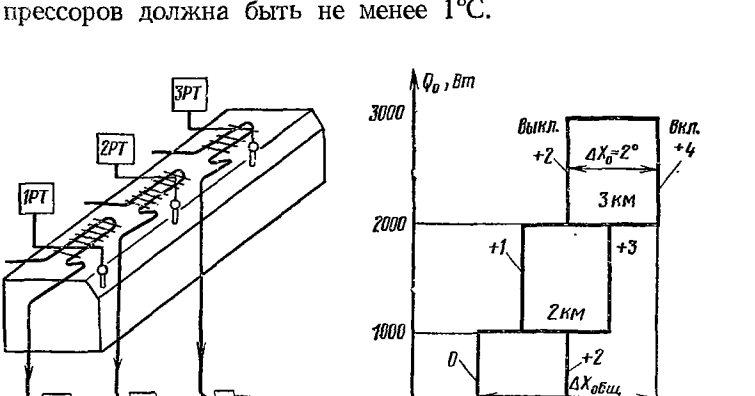


Рис. 49. Схема пропорционального многопозиционного регулирования:

а — объект с тремя компрессорами; *б* — настройка реле температуры.

Для уменьшения амплитуды колебаний $t_{об}$ при большом числе компрессоров применяют схему астатического шагового регулирования (рис. 50). В этой схеме все компрессоры включаются последовательно через равные ин-

тервалы от одного реле температуры. Когда холодопроизводительность работающих компрессоров меньше тепловой нагрузки, температура возрастает до верхнего предела, и контакт $РТ$ (рис. 50,*в*) включает двигатель $Д$ медленно вращающегося переключателя $П$, который в свою очередь включает еще один компрессор. Если компрессоры снова не справляются с нагрузкой, то переключатель продолжает вращаться в том же направлении, включая следующий компрессор. Остановка переключателя происходит только тогда, когда температура находится в заданных пределах и холодопроизводительность компрессоров равна нагрузке. Если холодопроизводительность компрессоров оказывается больше нагрузки, то температура достигает своего низшего предела, $РТ$ включает другую обмотку двигателя,

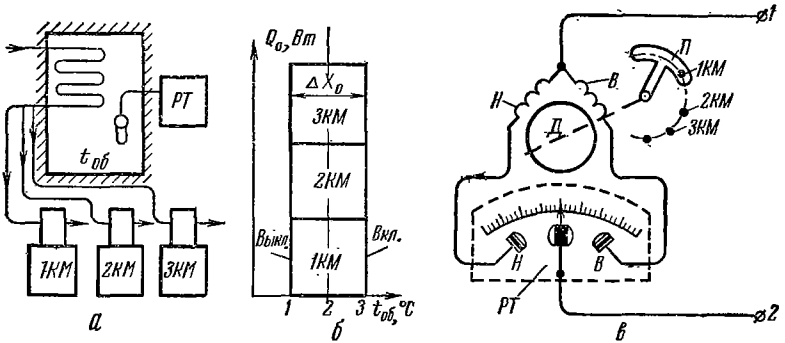


Рис. 50. Астатическое многопозиционное регулирование:
а — объект с тремя компрессорами; *б* — настройка реле температуры; *в* — включение трехпозиционного реле температуры $РТ$ в цепь двигателя $Д$ переключателя $П$.

и переключатель вращается в обратную сторону, останавливая компрессор 3 КМ. Если холодопроизводительность работающих компрессоров не равна тепловой нагрузке, то один из компрессоров все время работает циклично, поддерживая температуру в пределах дифференциала прибора ΔX_0.

Если же холодопроизводительность включенных компрессоров равна тепловой нагрузке, когда температура находится в заданных пределах, то переключатель останавливается, не изменяя количества работающих компрессоров.

§ 5. РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАПОЛНЕНИЯ ИСПАРИТЕЛЕЙ

Оптимальное заполнение. Возможность самовыравнивания

Коэффициент теплопередачи испарителя наиболее высок, когда вся его поверхность соприкасается с жидким холодильным агентом.

О степени заполнения испарителей сухого типа, работающих с верхней подачей холодильного агента, удобнее всего судить по перегреву пара Θ на выходе из испарителя. Под перегревом понимают разность между температурой перегретого пара на выходе из испарителя $t_{вых}$ и температурой кипения t_0, соответствующей давлению пара на выходе из испарителя.

$$\theta = t_{вых} - t_0.$$

В схемах, где неиспарившаяся жидкость попадает из испарителя прямо в компрессор (схемы без отделителя жидкости и теплообменника), нельзя поддерживать 100%-ное заполнение, поскольку из-за неточности регулирования жидкость будет попадать в компрессор, снижая его холодопроизводительность и создавая опасность гидравлического удара. Среднее значение оптимального перегрева в таких схемах колеблется от 5 до 15° С. Большие значения наблюдаются при максимальных тепловых нагрузках. Если поддерживать перегрев больше указанных значений, то значительная часть поверхности испарителя не будет использована, а при меньших значениях среднего перегрева жидкость периодически (при колебаниях перегрева) попадает в компрессор. В схемах с теплообменником оптимальный перегрев равен 1—2 °С, так как попадание незначительного количества жидкости в теплообменник практически не снижает эффективности работы машины. В схемах с отделителем жидкости (и повторной подачей отделившейся жидкости в испаритель) оптимальный перегрев, естественно, равен нулю.

В испарителях затопленного типа (с нижней подачей), кроме перегрева, показателем степени заполнения может служить уровень жидкости. Однако этот параметр менее точно определяет степень заполнения из-за вспенивания жидкости. Так, во фреоновых кожухотрубных испарителях полная смачиваемость поверхности при интенсивной тепловой нагрузке достигается при высоте уровня всего 30—40% от общей высоты испарителя. В аммиачных испари-

телях кипение менее интенсивно, и нормальному заполнению соответствует уровень примерно в 80% по высоте. При снижении тепловой нагрузки вспенивание уменьшается и поэтому целесообразнее поддерживать более высокий уровень.

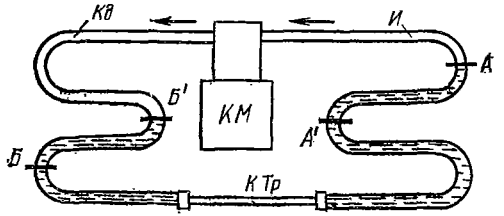


Рис. 51. Использование самовыравнивания для заполнения испарителя.

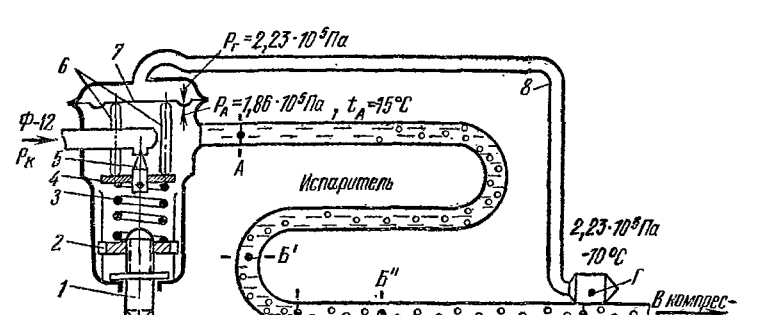
В схеме с одним испарителем изменение степени заполнения вызывает изменение не только перегрева или уровня, но и некоторых других параметров. В домашних холодильниках, например, (рис. 51) снижение уровня в испарителе (от *А* до *А'*), вызванное увеличением тепловой нагрузки, приводит к увеличению уровня в конденсаторе от *Б* до *Б'* вследствие отсутствия ресивера. Переполнение конденсатора *Кд* увеличивает давление конденсации, что, в свою очередь, вызывает увеличение подачи фреона через капиллярную трубку *КТр* в испаритель *И*. Таким образом, сравнительно высокая степень самовыравнивания (снижение уровня в испарителе увеличивает подачу жидкости) позволяет обойтись здесь без автоматического регулятора заполнения испарителя.

Однако в холодильных машинах после конденсатора обычно устанавливают ресивер, чтобы иметь запас фреона на случай утечки. В этом случае изменение уровня в испарителе почти не сказывается на давлении в конденсаторе. Степень самовыравнивания очень мала, и приходится регулировать заполнение испарителя.

Регуляторы перегрева (ТРВ)

ТРВ с внутренним выравниванием. Для регулирования степени заполнения испарителей в малых холодильных машинах применяют в основном терморегулирующие венти-

ли (ТРВ). ТРВ поддерживает заданный перегрев на выходе из испарителя. При увеличении перегрева, что свидетельствует о недозаполнении испарителя, клапан ТРВ автоматически открывается, увеличивая подачу холодильного агента. Течение этого процесса наглядно иллюстрирует рис. 52, *а*.



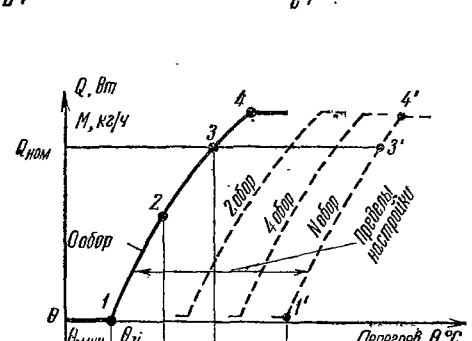


Рис. 52. Регулирование заполнения испарителя терморегулирующим вентилем:
а — схема регулирования; *б* — характеристика ТРВ.

Жидкий холодильный агент (например, фреон-12) из ресивера поступает в ТРВ. При проходе через кольцевое сечение между седлом и клапаном *5* давление фреона $p_к$ резко падает до давления p_0, которое поддерживается компрессором в испарителе. При дросселировании (резком падении давления) часть жидкого фреона превращается в пар. Движение по испарителю паро-жидкостной смеси уве-

личивает концентрацию пара, и в какой-то точке *Б* вся жидкость превратится в пар. На участке *БВ* пар перегревается. Пренебрегая сопротивлением в испарителе, можно считать, что давление пара на выходе такое же, как и на входе (например, $1{,}86 \cdot 10^5$Па). Тогда температура кипения на участке *АБ* также постоянная (—15° С). На выходе из испарителя (точка *В*) укреплен термобаллон, заполненный жидким фреоном-12. При повышении его температуры давление насыщенного пара в нем (точка *Г*) растет и по капиллярной трубке *8* передается на мембрану *7*. При температуре пара на выходе из испарителя — 10° С абсолютное давление в патроне равно $2{,}23 \cdot 10^5$Па. Таким образом, перегреву пара в 5° С (от —15 до —10° С) соответствует разность давлений $(2{,}23—1{,}86)\ 10^5$Па. Под действием этой разности давлений мембрана *7* прогибается вниз и через толкатели *6* нажимает на иглодержатель *4*, открывая клапан *5* до тех пор, пока усилие сжатой пружины *3* не уравновесит силу давления на мембрану.

Заданное начальное значение перегрева, обеспечивающее требуемое открытие клапана, устанавливается соответствующим натяжением пружины *3*. При повороте винта *1* гайка *2* поднимается по прорезям в корпусе и сжимает пружину *3*.

Статическая характеристика ТРВ, показывающая зависимость его производительности от перегрева при определенном (номинальном значении t_0 показана на рис. 52, *б*. Минимальный перегрев, который вызывает перемещение клапана (точка *1*) называют перегревом начала открытия (иногда «закрытым перегревом», $\Theta_з$). Натяжением пружины *3* его можно регулировать примерно от 2 до 10° С. Дополнительное изменение перегрева (после начала открытия), обеспечивающее номинальную производительность (точка *2*), обычно равно 4—5°С (не регулируется). Полный (рабочий) перегрев, соответствующий данному открытию клапана, складывается из закрытого перегрева и изменения перегрева. Таким образом, чтобы обеспечить номинальную производительность ($\Theta_{ном}$) при ослабленной пружине, рабочий перегрев в испарителе, равный $\Theta_{ном}$, должен быть $2+5=7$° С, а при затянутой на *N* оборотов пружине — равен $10+5=15$° С.

При уменьшении тепловой нагрузки на испаритель необходимое открытие клапана должно быть меньше. А это возможно только при сниженном перегреве. Другими сло-

вами, ТРВ — это пропорциональный регулятор перегрева: более высокая производительность может быть обеспечена только увеличением перегрева.

Резкое увеличение тепловой нагрузки приводит к тому, что начальный перегрев примет новое, более высокое установившееся значение. Однако процесс этот происходит не мгновенно. При увеличении тепловой нагрузки давление в испарителе, действующее на мембрану ТРВ снизу,

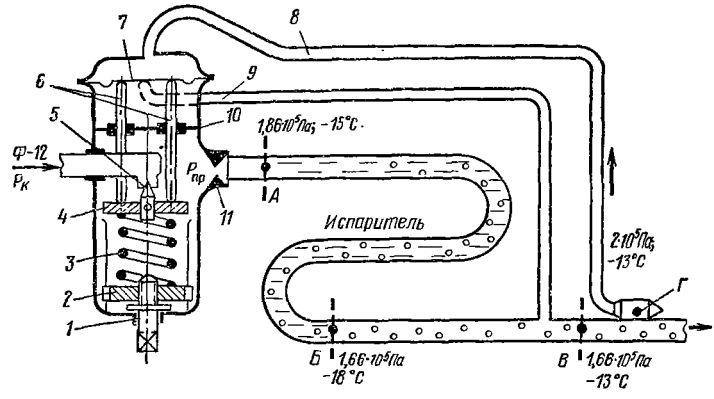


Рис. 53. Схема ТРВ с внешним выравниванием:
1 — винт регулирования перегрева начала открытия; *2* — гайка; *3* — пружина; *4* — иглодержатель; *5* — клапан; *6* — толкатели; *7* — мембрана; *8* — капиллярная трубка; *9* — уравнительная трубка; *10* — диафрагма; *11* — дроссельное сечение.

увеличивается. Поскольку температура термобаллона в первый момент еще не изменилась, то перегрев падает, клапан ТРВ закрывается, и заполнение испарителя уменьшается. Точка *Б* на рис. 52, характеризующая конец кипения, переместится влево (до *Б'*). Путь пара (*Б'В*) станет больше. Температура термобаллона возрастет, перегрев увеличится.

Аналогично возникает колебание перегрева после включения компрессора. Давление в испарителе резко падает, перегрев увеличивается, и клапан открывается. Заполнение испарителя быстро увеличивается, давление в нем снова растет, при этом еще охлаждается термобаллон. Перегрев снижается и может даже стать равным нулю (жидкий фреон попадает во всасывающий трубопровод). Это приво-

дит к прикрытию клапана, и перегрев снова будет расти. После нескольких колебаний процесс затухает, и перегрев принимает свое установившееся значение. После остановки компрессора давление в испарителе растет, и, когда перегрев уменьшится до величины закрытого перегрева, клапан закроется. Колебание величины перегрева в неустановившемся режиме можно наблюдать визуально: всасывающий трубопровод вблизи испарителя то покрывается инеем, то оттаивает. Именно из-за этих колебаний невыгодно держать среднее значение перегрева 1—2° С (при отсутствии теплообменника), так как периодическое уменьшение перегрева вызывает попадание жидкости в компрессор.

ТРВ с внешним выравниванием. При большом гидравлическом сопротивлении в испарителе давление на выходе ниже, чем на входе. Температура кипения и температура перегретого пара на выходе становятся ниже. Давление в термобаллоне снижается. Следовательно, обычный перегрев в 5—7° С вызывает теперь меньшую разность давлений, и клапан прикрывается. Обеспечить требуемое открытие клапана можно только при увеличенном перегреве, т. е. при уменьшенном заполнении испарителя. Поэтому, когда падение давления в испарителе более $0{,}2 \cdot 10^5$Па, применяют ТРВ с внешней уравнительной трубкой (рис. 53). Благодаря диафрагме *10* под мембрану подается давление не со стороны входа (p_A), а со стороны выхода испарителя — по уравнительной трубке *9*. Поскольку давление на выходе более низкое, то разность давлений на мембрану при том же значении перегрева будет больше. Диафрагма позволяет также на выходе из ТРВ установить дополнительное дроссельное сечение *11*. Это некоторое усложнение конструкции дает ряд преимуществ:

повышенное давление за клапаном ($p_{пр}$) разгружает его работу и позволяет увеличить диаметр;

повышенная температура после клапана уменьшает охлаждение всего прибора и возможную конденсацию пара над мембраной. Это достигается также подачей под мембрану перегретого пара.

Техническая характеристика выпускаемых ТРВ приведена в табл. 15. ТРВ, предназначенные для работы на фреоне-13, фреоне-22 и фреоне-142 имеют в индексе соответствующую цифру, а для работы на аммиаке букву *А* (ТРВА). Буквы *В* и *Н*, указанные после номинальной про-

Таблица 15

ТРВ	Номинальные температуры, °С			Перегрев начала открытия (регулируемый), °С	Внешнее выравнивание (+ — имеется)
	t_0	$t_к$	$\theta_{ном}$		
ТРВ-0,5М	—15	+30	7	2—10	—
ТРВ-1М					—
ТРВ-2М					—
ТРВ-4М					—
ТРВ-7					+
ТРВК-10	+5	+30	10	2—8	+
ТРВК-20					+
ТРВК-40					+
ТРВ-60Ф					+
ТРВК-100			7		+
ТРВ-160Ф			10		+
ТРВА-10М	—15	+30	6	1—5	+
ТРВА-20М					+
ТРВА-40М					+
ТРВА-80М					+
ТРВА-120М					+
22ТРВ-1В	—40	+30	5	1,5—8	—
22ТРВ-1,6В					—
22ТРВ-5В					—
22ТРВ-60В					+
22ТРВ-1Н	—60	+40	8	3—10	+
22ТРВ-5Н					+
22ТРВ-10Н					+
22ТРВ-25Н					+
13ТРВ-0,3Н	—80	—50	7	2—10	+
13ТРВ-0,5Н					+
13ТРВ-1Н					+
142ТРВ-5	+5	45	6	2—10	+
142ТРВ-30					+

изводительности означают, что ТРВ предназначен для работы на «верхней» или «нижней» ступени. Термобаллон ТРВ заполнен тем же агентом, для которого предназначен ТРВ, кроме аммиачных, термобаллон которых заполнен фреоном-22.

Для двухпозиционного регулирования перегрева может быть использовано дифференциальное реле температуры, которое при повышении перегрева (разность температур) замыкает свои электрические контакты и включает соленоидный вентиль, открывающий подачу агента в испаритель.

Регуляторы уровня

Плавное регулирование. Для регулирования уровня в кожухотрубных испарителях и промежуточных сосудах широко применяются поплавковые регулирующие вентили низкого давления (ПРВ н.д.), называемые также поплавковыми регуляторами (ПР).

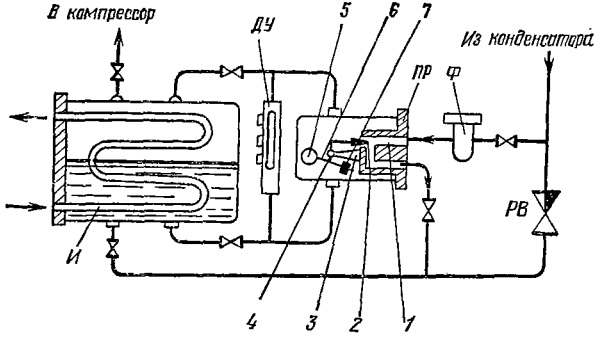


Рис. 54. Регулирование уровня в испарителе поплавковым регулятором непроходного типа.

Верхняя часть корпуса поплавка (рис. 54) соединена с испарителем паровой трубкой, а нижняя часть — жидкостной. Таким образом, камера поплавка и испаритель представляют собой сообщающиеся сосуды, уровень жидкости в них одинаковый. При снижении уровня поплавок *5* опускается, коромысло *6* с грузом *7* поворачивается по часовой стрелке вокруг оси *4*, укрепленной на насадке *3*, и отводит запорную иглу *2* (клапан), открывая отверстие *1* для прохода жидкости. Холодильный агент, поступающий в верхнее отверстие крышки, дросселируется и через вертикальный канал, закрытый снизу пробкой, и нижнее отверстие поступает в испарители, минуя камеру поплавка.

Поплавковые вентили такого типа называются непроходными. Преимущество их состоит в том, что уровень жидкости в камере поплавка более стабильный, чем в испарителе. Как и ТРВ, ПРВ относятся к регуляторам пропорционального действия: для большего открытия клапана поплавок должен находиться на более низком уровне.

Начальное (среднее) значение уровня в испарителе определяется высотой, на которой смонтирован корпус ПРВ. Диапазон пропорциональности (изменение уровня от закрытия до полного открытия клапана) определяется конструктивными размерами ПРВ и также не регулируется. Это существенный недостаток этих приборов.

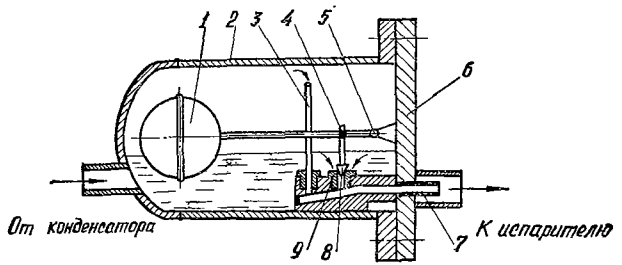


Рис. 55. Поплавковый регулятор высокого давления (ПР-1)

Для удобства разборки и очистки ПРВ на линиях жидкости и пара устанавливают запорные вентили. При ревизии ПРВ эти вентили перекрывают, и дросселирование холодильного агента осуществляют через ручной регулирующий вентиль *РВ*. Для сигнализации о переполнении испарителя или о недозаполнении в случае неисправности ПРВ параллельно ему ставят дистанционный указатель уровня *ДУ*.

В системах с одним испарителем можно применять поплавковый регулятор высокого давления типа ПР-1 (рис. 55), который относится к регуляторам проходного типа. Жидкий агент из конденсатора попадает в камеру поплавка *2*, поплавок *1* поднимается, вращаясь вокруг оси *5*, укрепленной на фланце *6*, и клапан *8*, укрепленный на оси *4*, поднимается, увеличивая отверстие в седле *9*. В трубке *7* агент дополнительно дросселируется и поступает в испаритель. Небольшая часть насыщенных паров по капиллярной трубке *3* проходит на сторону промежуточного давления (перед дросселем *7*). В результате этого давление в камере поплавка несколько ниже, чем в конденсаторе. Это обеспечивает хорошее поступление жидкости из конденсатора в *ПР*, даже если регулятор располо-

жен выше конденсатора. Таким образом *ПР*, поддерживая определенный уровень в камере поплавка, перепускает из конденсатора в испаритель весь жидкий агент, задерживая пары высокого давления.

Двухпозиционное регулирование уровня. Для регулирования уровня в испарителях и циркуляционных ресиверах на крупных установках все шире применяют двухпозиционные регуляторы непрямого действия. Регулятор со-

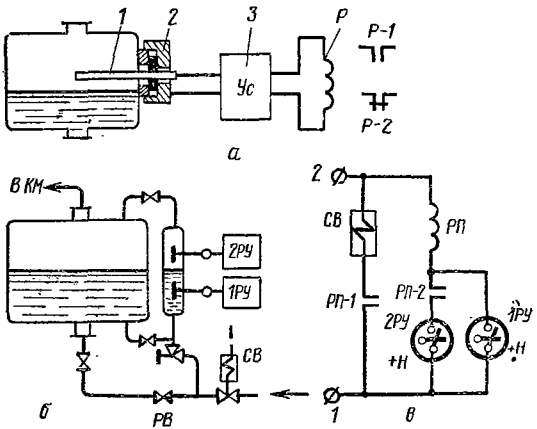


Рис. 56. Реле уровня МЭСУ-1К:
а — схема реле; *б* — регулирование уровня при помощи двух реле; *в* — электрическая схема их подключения.

стоит из реле уровня и исполнительного механизма, открывающего или закрывающего проход жидкости перед регулирующим вентилем *РВ*.

Рассмотрим два реле уровня, выпускаемых в настоящее время, МЭСУ-1К и ПРУ-4.

В реле уровня МЭСУ-1К (малогабаритный электронный сигнализатор уровня) в качестве измерительного элемента уровня использован емкостный датчик. При повышении уровня жидкость омывает металлический стержень *1* (рис. 56), и электрическая емкость между стержнем и корпусом сосуда *2* увеличивается. В усилителе *3* изменение емкости преобразуется в электрический сигнал, мощность которого усиливается, чтобы обеспечить срабатывание выходного реле *Р*. Контакты реле (*Р-1* и *Р-2*) используются

для включения электромагнитного клапана (соленоидного вентиля), установленного на линии подачи жидкости в сосуд перед *РВ*.

Нижнее положение уровня фиксируется положением датчика при монтаже. Верхнее положение уровня, при котором включается реле, — величиной дифференциала. В МЭСУ-1К дифференциал не регулируется и при горизонтальном положении датчика равен 5 мм. Малый дифференциал вызывает частые включения *СВ*. Для увеличения



Рис. 57. Реле уровня с индуктивным датчиком (типа ПРУ-4 и ПРУ-5).

дифференциала обычно применяют два датчика (рис. 56, *б*): один включает соленоидный вентиль, если уровень становится ниже допустимого, а другой закрывает соленоидный вентиль, когда уровень достигает верхнего предела. Такое взаимодействие двух реле уровня обеспечивается несложной электрической схемой (рис. 56, *в*). Когда уровень ниже обоих датчиков, контакты *1РУ* и *2РУ* замкнуты и питают обмотку промежуточного реле *РП*, которая контактом *РП-1* открывает соленоидный вентиль *СВ*. При повышении уровня выше датчика *1РУ* контакт *1РУ* размыкается, но реле *РП* продолжает питаться по цепи *2РУ*, *РП-2*.

Когда уровень достигает верхнего предела, контакт *2РУ* разрывает цепь *РП* и *СВ* отключается. При снижении уровня контакт *2РУ* замыкается, но реле *РП* не включается (контакты *РП-2* и *1РУ* еще разомкнуты). Дальнейшее снижение уровня до нижнего предела включает реле *РП* контактом *1РУ*.

В реле уровня *ПРУ-4* (рис. 57) изменение уровня приводит к перемещению поплавка *П*. При этом индуктивность катушки, в которую входит поплавок, например L_1, увеличивается, а другой катушки L_2 — уменьшается. Из-

менение индуктивного сопротивления катушек преобразуется в усилителе *Ус* в изменение величины тока и срабатывание выходного реле *Р*.

Дифференциал уровня не регулируется и равен 35 мм.

Соленоидные вентили. В качестве исполнительных механизмов при двухпозиционном регулировании уровня жидкости обычно применяют соленоидные (электромагнитные) вентили поршневого или мембранного типа.

Соленоидный вентиль поршневого типа показан на рис. 58. При отсутствии тока управляющий клапан *5* перекрывает центральное отверстие в поршне *6* клапана.

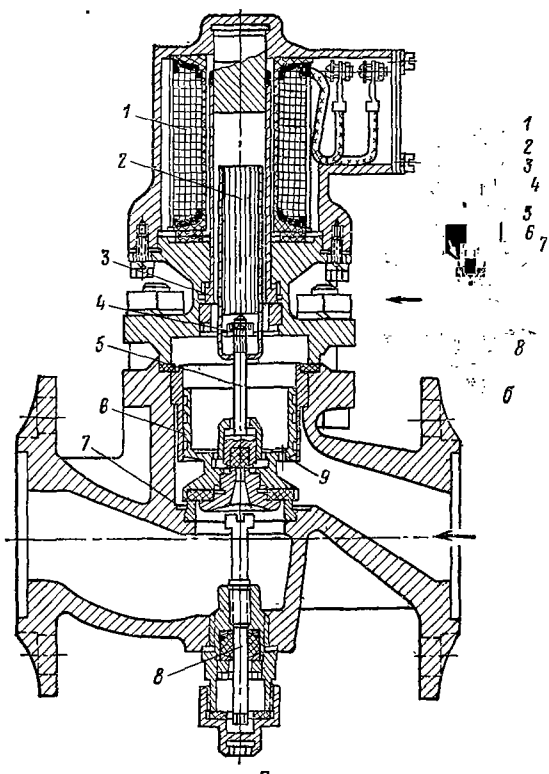


Рис. 58. Соленоидный вентиль СВФ-40:
а — разрез; *б* — схема.

Поступающая жидкость через калиброванное отверстие *9* в поршне *6* клапана или по специальной канавке, имеющейся на его наружной поверхности, попадает в полость над поршнем *6*. Давление жидкости и масса клапана обеспечивают плотное его закрытие.

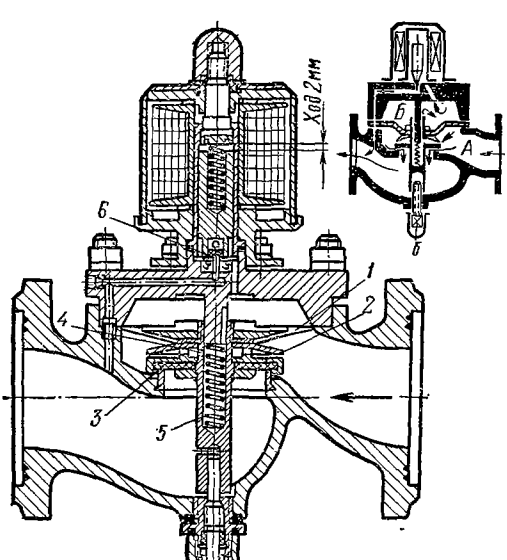


Рис. 59. Мембранный соленоидный вентиль СВМ-50:
а — разрез; *б* — схема.

При появлении тока в катушке *1* сердечник *2* втягивается в катушку и, ударяя по корончатой гайке *4*, поднимает разгрузочный (управляющий) клапан *5*. Жидкость из верхней полости поршня *6* стекает через центральное отверстие, и давление ее падает. Под действием силы электромагнита и давления жидкости, поступающей снизу, поршень перемещается вверх до полного открытия.

Катушка *1* отделена от жидкостной полости трубкой *3* из немагнитного материала. Винт *8* служит для принудительного открытия клапана. Для лучшего уплотнения в

основном клапане предусмотрена резиновая прокладка, которая прилегает к латунному седлу *7*.

У соленоидных вентилей типа СВФ, предназначенных для работы на фреонах, седло, клапан и некоторые другие детали выполнены из латуни, у аммиачных (СВА) — из нержавеющей стали. Цифра в конце марки прибора указывает условный диаметр проходного сечения.

В мембранных соленоидных вентилях (СВМ) камера над основным клапаном (рис. 59) отделена от напорной линии мембраной *1* из прорезиненной ткани. Поступающая в полость *А* жидкость, проходя через фильтрующую щель *2* и отверстие *4*, омывает пружину *5* и по прорези в направляющей попадает в полость *Б* над мембраной. Давление жидкости над мембраной становится равным давлению под мембраной. Под действием пружины *5* клапан *3* перемещается вниз и закрывается. Когда на катушку электромагнита подается напряжение, она втягивает сердечник — разгрузочный клапан *6*. Жидкость из полости *Б* вытекает через открывшийся клапан и по отверстиям в крышке и корпусе вентиля поступает в выпускной патрубок. Давление над мембраной падает, и под действием силы давления жидкости под мембрану (снизу) клапан открывается, преодолевая усилие пружины *5*. Клапан открывается не мгновенно, а через 1—2 с, что предотвращает резкое повышение давления на линии подачи жидкости.

§ 6. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Необходимость регулирования температуры в объекте. Постоянная температура в охлаждаемом объекте ($t_{об}$) поддерживается только при условии, что холодопроизводительность машины ($Q_{хм}$) равна сумме всех теплопритоков в объект ($Q_и$). Так, чтобы поддерживать заданную температуру 0° С (рис. 60) при максимальных теплопритоках, холодопроизводительность машины должна быть равна $Q_А$. Если при этой температуре теплопритоки снизятся до своего минимального значения ($Q_В$), т. е. станут меньше $Q_{хм}$, $t_{об}$ начнет снижаться. Снижение $t_{об}$ приводит к тому, что возрастает нагрузка $Q_н$ и падает $Q_{хм}$. В точке *Б* при равенстве $Q_{хм}$ и $Q_{н\,мин}$ температура объекта $t_{об}$ достигнет значения $t_Б$ (—10°С) и дальше снижаться не будет. Однако при слишком низком значении $t_{об}$ может нарушиться тех-

нологический режим (замерзание и ухудшение качества продуктов) и неизбежны дополнительные расходы, связанные с повышенными теплопритоками и снижением $Q_{хм}$.

В камерах длительного хранения продуктов допустимое колебание температуры ($t_А - t_Б$) не более 2° С. Для кратковременного хранения продуктов допускают колебания 4—5° С. Поскольку колебание температуры, связанное с периодическим снижением тепловой нагрузки обычно доходит до 10—15° С, т. е. выходит за допустимые пределы, то требуется регулирование температуры.

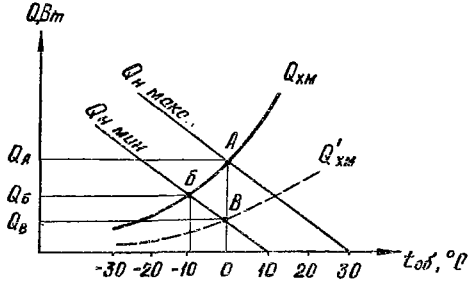


Рис. 60. Зависимость температуры в объекте ($t_{об}$) от теплопритоков ($Q_н$) и холодопроизводительности машины ($Q_{хм}$).

Регулирование заданной температуры достигается тем, что при снижении $Q_н$ соответственно снижают $Q_{хм}$. Так, чтобы поддерживать $t_{об}=0°$ С при снижении $Q_н$ до $Q_{н\ мин}$, необходимо снизить $Q_{хм}$ до $Q'_{хм}$ (с $Q_А$ до $Q_В$).

В малых холодильных установках частота колебания теплопритоков очень большая (обычно в течение суток $Q_н$ меняется от $Q_{макс}$ до $Q_{мин}$). Поэтому применяют не ручное регулирование, а автоматическое.

Регулирование температуры пуском и остановкой компрессора. При охлаждении одного объекта (шкаф, прилавок, камера) наиболее простым и часто применяемым способом регулирования температуры является изменение холодопроизводительности компрессора вследствие цикличности его работы. Температура в объекте при этом поддерживается в заданных пределах. Когда температура в объекте достигает верхнего предела, реле температуры РТ

включает компрессор. Поскольку холодопроизводительность холодильной машины выше теплопритоков, то температура в объекте падает. Когда она достигнет своего низшего предела, реле температуры РТ, останавливает компрессор и температура снова начинает повышаться до своего верхнего предела. Холодопроизводительность компрессора при цикличной работе

$$Q_{оц} = bQ_{о_р},$$

где $Q_{о_р}$ — холодопроизводительность компрессора при непрерывной его работе (при среднем значении $t_о$ за время работы), а b коэффициент рабочего времени.

При увеличении теплопритоков продолжительность работы компрессора повышается, а продолжительность остановки снижается, что приводит к увеличению b.

Температура в объекте связана с некоторыми другими параметрами: температурой кипения, давлением в испарителе. Поэтому чувствительный элемент реле температуры может воспринимать не только температуру объекта, но и температуру кипения (термобаллон при этом крепят непосредственно к испарителю). Чтобы воспринимать изменение давления в испарителе, применяют реле давления РД. При стоянке компрессора давление в испарителе растет и, когда давление $p_о$ достигнет верхнего предела соответствующего верхнему пределу $t_{об}$, РД включает компрессор. При работе компрессора $t_{об}$ и давление в испарителе падают, и при достижении нижнего предела РД останавливает компрессор.

Однако косвенные методы регулирования $t_{об}$ (по температуре или давлению в испарителе) менее точно обеспечивают заданную температуру в объекте. Например, при нарастании снеговой «шубы» на испарителе разность $t_{об}$—$t_о$ становится больше, и поддержание заданного значения $t_о$ (или $p_о$) приводит к увеличению температуры в объекте. С другой стороны, применение косвенных методов не требует таких точных приборов, так как изменению $t_{об}$ на 1—3° С соответствует изменение $t_о$ порядка 10—15° С. Кроме того, поддерживая значение $t_о$ в момент включения 1—2° С, можно обеспечить оттаивание инея с испарителя за период стоянки компрессора (для объектов, где допустимо повышение температуры до 3—8° С).

Поскольку большим колебаниям температуры кипения вблизи испарителя соответствует сравнительно малая ам-

плитуда колебаний $t_{об}$ (вдали от испарителя), то при косвенном регулировании можно применить реле температуры с большим дифференциалом для весьма точного поддержания $t_{об}$.

Реле температуры

В зависимости от конструкции чувствительного элемента различают реле температуры манометрического типа (изменение температуры преобразуется сначала в давление), биметаллические (пластина, спаянная из двух металлов с разными коэффициентами линейного расширения, при нагревании прогибается), термометры расширения (ртуть, расширяясь, замыкает электрический контакт).

На крупных установках чаще используют реле температуры, чувствительным элементом которых служит металлический термометр сопротивления или полупроводниковый термометр сопротивления (термистор); в этих элементах при изменении температуры изменяется электрическое сопротивление и сила проходящего тока. В холодильных установках предприятий торговли и общественного питания наибольшее распространение получили реле температуры манометрического типа.

Реле температуры АРТ-2. Реле температуры АРТ-2 (рис. 61) один из самых распространенных приборов, применяемых для регулирования температуры путем пуска и остановки компрессора в домашних холодильниках, а также в торговом оборудовании с герметичными компрессорами (ФГК-0,7 и пр.).

Чувствительным элементом реле температуры служит капиллярная трубка, заполненная фреоном-12. При повышении температуры давление фреона-12 в трубке *6* растет, и донышко *5* сильфона *7*, помещенного в корпусе *8* перемещается вверх, преодолевая усилие пружины *4*. Выступ на донышке сильфона поворачивает рычаг *9*, тяга *12* поднимается и, нажимая на винт дифференциала *14*, поворачивает рычаг-скобу вокруг оси O_2 против часовой стрелки. Когда точка O_3 займет положение O_3' (на линии O_4—O_5), сила P сжатой плоской перекидной пружины *2* будет направлена вдоль рычага O_4—O_5 и составляющая этой силы P' станет равной нулю. Перекидная пружина *2* займет положение неустойчивого равновесия. Дальнейшее движение точки O_3 вверх вызовет изменение направления силы P

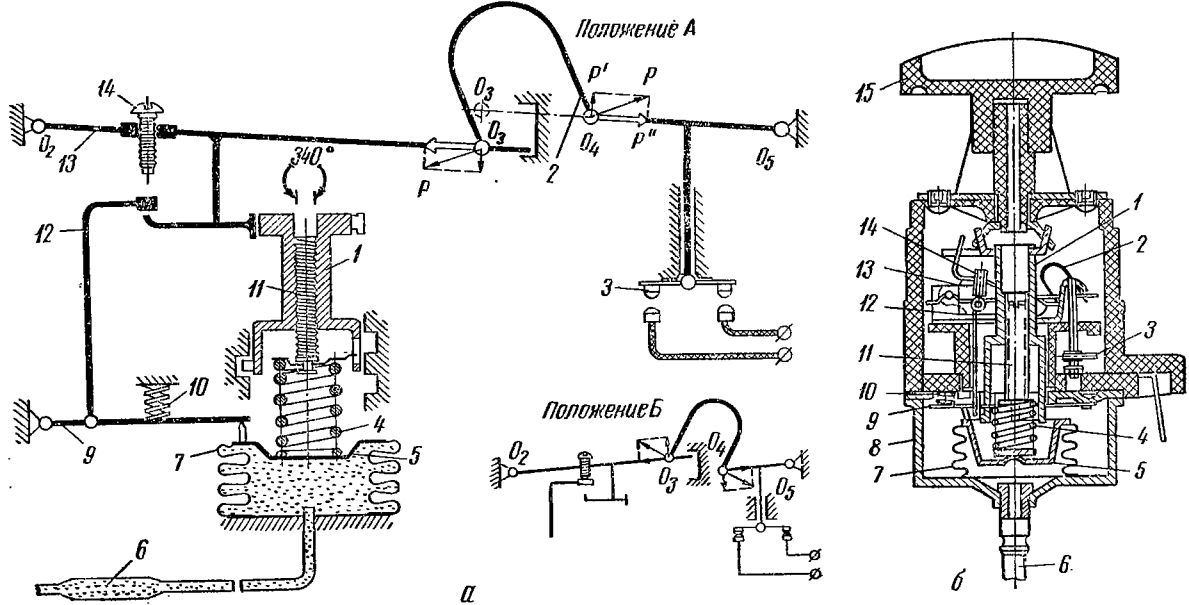


Рис. 61. Реле температуры АРТ-2:
а — схема; *б* — разрез

и нарастание ее. Точка O_4 и, следовательно, подвижные контакты *3* резко опустятся и замкнут электрическую цепь (положение *Б*).

При понижении температуры пружина *4* отожмет вниз донышко сильфона, и под действием пружины *10* тяга *12* отведет рычаг *13* вниз. Когда ось O_3 опустится ниже линии O_3—O_5, контакты под действием силы *P* резко разомкнутся.

Техническая характеристика АРТ-2

Диапазон температуры размыкания (регулируемый рукояткой), °С	— 16÷—8
Дифференциал (нерегулируемый), °С	7—8
Максимально допустимая сила тока через контакты, А	2,5
Допустимое напряжение, В	220
Габариты корпуса, мм	52×42×78
Длина капиллярной трубки, мм	535±50
Масса, кг	0,3

Дифференциал прибора регулируется только при изготовлении. Винт *14* устанавливают так, чтобы свободный ход зуба тяги *12* обеспечивал требуемый дифференциал (обычно 7—8° С), и затем пломбируют (головку винта закрашивают).

Температуру выключения (соответственно включения) регулируют изменением натяжения пружины *4*. При повороте штока *1* рукояткой *15* нижний зуб штока скользит по винтообразному срезу, и шток перемещается вверх или вниз. При повороте рукоятки *15* по часовой стрелке на один оборот (из положения «Выкл» в положение «Холод») температура выключения понижается примерно на 8° С. При необходимости дополнительно понизить температуру выключения надо снять рукоятку *15* и повернуть отверткой (диаметром 2 мм) винт диапазона *11* против часовой стрелки.

При повороте рукоятки в положение «Выкл» шток *1* своим верхним выступом опускает рычаг *13*, что обеспечивает принудительное размыкание контактов.

Реле температуры типа ТР-1. Реле температуры ТР-1 (рис. 62) работает следующим образом. При повышении температуры давление в термобаллоне *24* возрастает, и шток *19*, прикрепленный к донышку сильфона *20*, преодолевая сопротивление сжатой основной пружины *8*, поворачивает рычаг *17* по часовой стрелке. Когда конец рычага

17 касается верхнего выступа в прорези рычага дифференциала 22, движение механизма прекращается, и только при дальнейшем возрастании давления на величину, достаточную для преодоления усилия растянутой пружины дифференциала 23, рычаг 17 снова поворачивается. Под воздействием пружины 18, накрученной на ось O_3, вместе

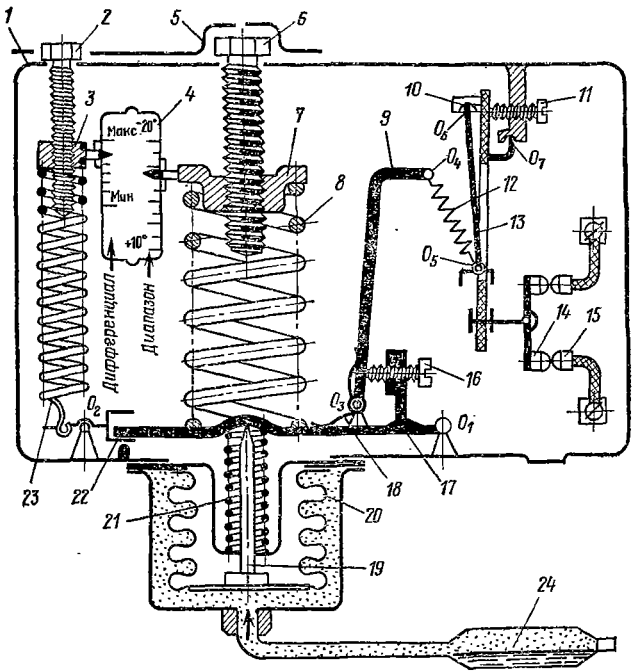


Рис. 62. Реле температуры типа ТР-1.

с рычагом 17 вращается ось O_4, на конце которой шарнирно укреплена пружина переключателя 12. Когда шарнир этой пружины O_4 переходит за ось рычага-переключателя 13 (линия O_5—O_6), усилие пружины 12 начинает вращать рычаг 13 против часовой стрелки вокруг ножевой опоры O_6. Левый нижний выступ рычага 13 нажимает на текстолитовый рычаг 10 и, повернув его вокруг ножевой опоры O_7, соединяет контакты 14 и 15.

При понижении температуры пружина дифференциала

23 и основная пружина *8*, преодолевая усилие вспомогательной пружины *21* и оставшегося давления на сильфон, поворачивают рычаги *17* и *9* в обратном направлении. Когда рычаг дифференциала *22* достигнет выступа корпуса, дальнейшее падение температуры некоторое время не вызывает движения механизма. Последующий поворот рычагов *17* и *9* против часовой стрелки осуществляется под действием только основной пружины *8*.

Температура выключения регулируется натяжением основной пружины. Для этого надо снять контрящую пластину *5* и, используя ее как гаечный ключ, повернуть винт *6*. Увеличение сжатия пружины *8* приводит к повышению температуры выключения (и одновременно температуры включения).

Дифференциал регулируется натяжением пружины дифференциала *23* при помощи винта *2*. У гаек *3* и *7* имеются выступы с прорезями, направляющей для которых служит шкала *4*.

Чтобы значения температуры выключения и дифференциала, указанные на шкалах, соответствовали фактическим значениям этих величин, в приборе предусмотрены юстировочные винты *16* и *11*. Их регулируют на заводе и пломбируют. Все детали собраны в легком стальном штампованном корпусе *1*.

В модификации ТР-2 (ТР-2Б) в отличие от ТР-1 при повышении температуры контакты размыкаются.

Техническая характеристика реле ТР-1

Диапазон температуры размыкания, °С	
ТР-1-01	—35÷—5
ТР-1-02	—20÷+10
ТР-1-03	5÷35
ТР-1-04	30÷60
Дифференциал (регулируемый), °С	3—10
Основная погрешность, °С	±1
Разрывная мощность контактов при токе 220 В, В·А	
переменном	150
постоянном	20
Длина капилляра, м	3
Габариты, мм	85×57×120
Масса, кг	0,8
Исполнение	Общепромышленное или брызгозащитное (ТР-1Б)

Реле температуры ТРД-3. У реле температуры ТРД-3 (рис. 63) имеется термобаллон *1* чувствительного элемента, заполненный фреоном-12. При повышении температуры давление фреона в термобаллоне возрастает и по капиллярной трубке *2* передается в корпус сильфона. Донышко сильфона *3* нажимает на иглу *4*, которая поворачивает Г-образный рычаг *6* вокруг оси *5* против часовой стрелки,

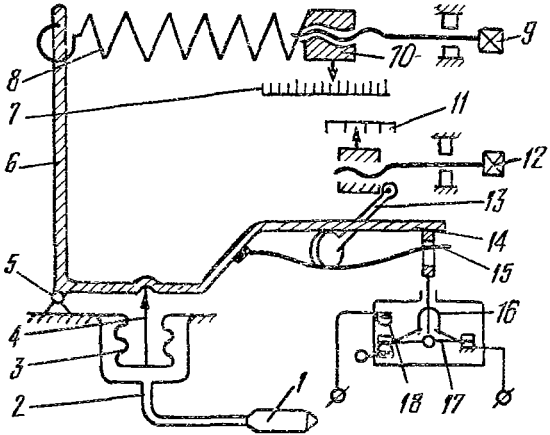


Рис. 63. Реле температуры ТРД-3.

преодолевая сопротивление растянутой пружины *8*. На другом конце рычага *6* укреплена плоская пружинящая пластина *15*. Поднимаясь вверх, она упирается в верхнюю прорезь штока *14*. Шток поднимает пластину *17* с подвижным электрическим контактом микропереключателя. При этом плоская пружина *16* резко меняет свое положение и обеспечивает мгновенное замыкание контакта *18*. При понижении температуры рычаг *6* под действием пружины *8* поворачивается по часовой стрелке и, нажимая сверху на шток *14*, вызывает размыкание верхнего контакта.

Вращение винта *9* по часовой стрелке перемещает каретку *10* вправо. Это увеличивает натяжение пружины и соответственно температуру размыкания контактов. Одновременно и на такую же величину возрастает температура включения, так как дифференциал остается постоянным. Шкала *7* показывает температуру выключения.

Для увеличения дифференциала винт *12* следует вращать по часовой стрелке. Это вызывает перемещение штока *13* вправо. Нижняя головка штока отжимает пластину *15* вниз, увеличивая свободный ход штока *14*, верхняя кромка которого зажата между рычагом *6* и пластиной *15*. Шкала *11* показывает величину дифференциала. Регулирование дифференциала происходит вследствие изменения температуры включения. Температура включения при этом остается постоянной.

Техническая характеристика ТРД-3

Диапазон температуры размыкания, °С . .	—25÷0 —20÷+8
Дифференциал (регулируемый), °С	3—10
Основная погрешность, °С	±1
Разрывная мощность контактов (В·А) при токе	
переменном 380 В	300
постоянном 320 В	50
Длина капилляра, м	3
Исполнение	Общепромышленное

Модификация ТРДК-3 (корабельный) имеет пылебрызгонепроницаемое исполнение.

Реле давления

Реле давления РД преобразуют изменение давления в замыкание и размыкание электрических контактов.

Реле давления, подсоединенные к стороне низкого давления, $РД_н$ (или прессостат), обычно используют для периодического пуска и остановки компрессора, т. е. как прибор, обеспечивающий двухпозиционное регулирование давления в испарителе (и соответственно температуры охлаждаемого объекта). Иногда $РД_н$ используют как прибор защиты: он останавливает компрессор при недопустимо низком давлении всасывания.

Реле на стороне высокого давления $РД_в$ (маноконтроллер), как правило, выполняет только защитные функции: размыкает контакты и останавливает компрессор. Иногда реле низкого и высокого давления компонуют в одном приборе с общим электрическим контактом (РД-1, РД-3-01 и пр.).

Дифференциальные реле давлений имеют два чувствительных элемента и воспринимают разность давлений. Их используют, например, как прибор защиты от нарушения системы смазки. Реле останавливает компрессор, когда разность давления нагнетания в масляном насосе и давления в картере становится ниже заданной величины ($0{,}5 \cdot 10^5$ Па).

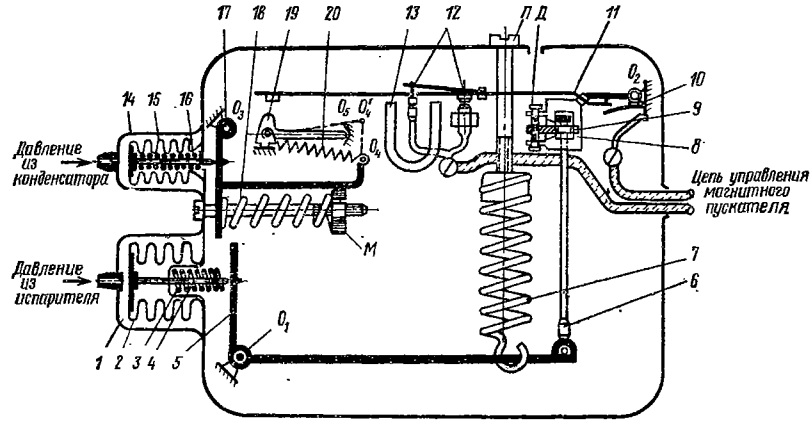


Рис. 64. Реле давления РД-1.

Реле давлений по конструкции очень сходны с манометрическим реле температуры; поэтому их часто унифицируют. При отсутствии термобаллона реле температуры превращаются в реле давлений.

Реле давлений РД-1. В корпусе реле давления РД-1 (рис. 64) смонтировано два отдельных механизма: прессостат и маноконтроллер. Прессостат (реле низкого давления) в зависимости от давления в испарителе замыкает или размыкает электрические контакты *12*, что вызывает периодический пуск и остановку компрессора. Маноконтроллер (реле высокого давления) присоединен к нагнетательной стороне и при опасно высоком давлении размыкает те же электрические контакты, несмотря на то что прессостат по-прежнему стремится сохранить их в замкнутом состоянии.

Прессостат работает следующим образом. От тройника

всасывающего вентиля компрессора давление паров фреона со стороны низкого давления через отверстие в штуцере передается в кожух *1* и воздействует на наружную поверхность сильфона *2*. Под этим давлением сильфон сжимается. Донышко его перемещается вправо, и шток *4* передает усилие на двуплечий рычаг *5*. В этом же направлении действует сжатая пружина *3*. Рычаг *5*, преодолевая усилие пружины *7* прессостата, поворачивается по часовой стрелке вокруг оси O_1, и тяга *6*, шарнирно укрепленная на длинном плече рычага, опускается. На верхнем конце тяги имеется загнутый зуб, который заходит в прямоугольный паз рамки *8*. Когда тяга перемещается вниз, зуб упирается в пластину дифференциала *9* и вся рамка вместе с токонесущей пластиной *11*, поворачиваясь вокруг своей оси, опускается до тех пор, пока не замкнутся электрические контакты *12*.

Во время работы компрессора давление в испарителе понижается. Сила растянутой пружины *7* прессостата становится больше силы давления паров на сильфон и силы сжатой пружины *3*. Двуплечий рычаг начинает поворачиваться против часовой стрелки, тяга поднимается, пока не упрется своим зубом в верхнюю кромку паза рамки *8*. Преодолевая последнее усилие — притяжение токонесущей пластины к постоянному магниту *13* — пружина *7* обеспечивает размыкание электрических контактов. Регулировка давления выключения производится винтом *П* прессостата. При вращении винта *П* по часовой стрелке натяжение пружины *7* увеличивается, что повышает давление включения и выключения (на одинаковую величину).

Дифференциал регулируется внутренним винтом *Д*. При повороте винта *Д* по часовой стрелке пластина дифференциала *9* поднимается, и зазор между пластиной дифференциала *9* и верхней кромкой паза рамки уменьшается.

Винт *Д* находится под напряжением. Поэтому необходимо регулировать дифференциал отверткой с изолированной рукояткой или выключать общий рубильник.

Маноконтроллер служит для отключения компрессора при чрезмерно высоком давлении. Пары высокого давления, попадая в кожух *14*, сжимают сильфон *15*. Донышко сильфона перемещается вправо и через шток *16* передает усилие на Т-образный рычаг *17*, который может вращаться вокруг своей оси O_3. Когда сила давления паров станет выше силы сжатой пружины *18*, рычаг поворачивается

против часовой стрелки, и конец рычага, к которому прикреплена растянутая перекидная пружина *20*, поднимается до тех пор, пока не перейдет ось ударника *19* (положение 0_4). В этот момент составляющая сила растянутой перекидной пружины будет стремиться повернуть ударник относительно своей опоры 0_5 уже по часовой стрелке, а не против нее.

Своим выступом ударник толкает текстолитовую планку, укрепленную на конце токонесущей пластины *11*, и разрывает электрическую цепь. При срабатывании маноконтроллера токонесущая пластина поворачивается не вместе с рамкой, как это происходило при выключении контактов прессостатом, а относительно неподвижной теперь рамки. При этом опускается только плоская пружина *10*.

Регулирование давления срабатывания маноконтроллера производится изменением силы сжатия пружины гайкой *M*, на которой имеются прорези для отвертки.

Реле давления РД-3-01. Этот прибор (рис. 65) как и РД-1, объединяет реле низкого и высокого давления, но имеет по сравнению с РД-1 ряд преимуществ: наличие

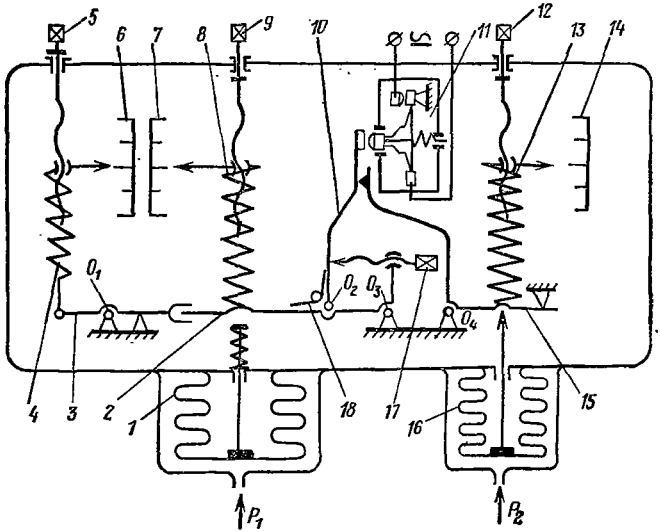


Рис. 65. Реле давления РД-3-01.

шкал (шкалы *6* и *7* показывают установленное значение давления выключения и дифференциала $РД_н$, шкала *14* — установленное выключение $РД_н$); более широкий диапазон регулирования; безопасность регулирования дифференциала; наличие пылезащитного корпуса.

Механизм $РД_н$ по конструкции и принципу действия аналогичен реле температуры ТР-1. При повышении давления в испарителе p_1 сильфон *1* сжимается и, преодолевая усилие пружины *8*, поворачивает рычаг *2* вокруг оси 0_3 по часовой стрелке. Когда левый конец рычага *2* коснется верхнего выступа вилки рычага *3*, движение рычагов приостановится, пока сила давления p_1 не станет достаточной, чтобы преодолеть совместное усилие пружин *8* и *4*. При дальнейшем повышении давления рычаг *2* поворачивается, пока укрепленный на нем пружиной *18* и винтом *17* рычаг *10* не замкнет электрический контакт микропереключателя *11*. При понижении давления p_1 усилие пружин *4* и *8* поворачивает рычаги *2* и *10* против часовой стрелки. Когда рычаг *3* упрется в выступ-ограничитель, рычаг *2* отойдет от верхнего выступа вилки рычага *3*. Таким образом, пружина *4* на давление размыкания контактов влияния не оказывает.

Если во время работы компрессора давление нагнетания p_2 стало выше установленного, то сильфон *16* сожмется, и рычаг *15*, преодолев усилие пружины *13*, повернется вокруг оси 0_4 и верхним выступом нажмет на рычаг *10*. Последний, преодолев усилие пружины *18*, повернется вокруг оси 0_2 влево и разомкнет контакты микропереключателя.

Диапазон и дифференциал $РД_н$ регулируются соответственно винтами *9* и *5* путем натяжения пружин *8* и *4*. Диапазон $РД_в$ регулируется винтом *12*. Положение винта *17* устанавливают на заводе и пломбируют. Правильная установка его обеспечивает соответствие между фактическим значением давления выключения $РД_н$ и значением, которое указывает стрелка на шкале *7*.

Техническая характеристика реле давления приведена в табл. 16.

Реле давления РД-1Б-01, РД-2Б-02, РД-2Б-03. Эти реле имеют только один блок низкого давления (РД-1Б) или высокого (РД-2Б) давления. Выпускаются в брызгозащищенном исполнении. По конструкции и принципу действия они аналогичны ТР-1.

Таблица 16

Показатели	РД-1	РД-3-01	РД-3-02	РД-1Б-01	РД-2Б-02	РД-2Б-03	РДА-4А-01Т	РДА-4А-02Т
Блок низкого давления								
Давление размыкания регулируемое, 10^5Па	—0,25÷3,8	—0,3÷4	—0,2÷7	—0,3÷4	Нет	Нет	—0,7÷4	—0,9÷0
Дифференциал регулируемый, 10^5Па	0,4—2,5	0,3—2,5	0,5—2,5	0,4—2,5	»	»	0,4—2,5	0,15—1,6
Предельно допустимое давление, 10^5Па	—	12	16	16	»	»	15	15
Блок высокого давления								
Давление размыкания регулируемое, 10^5Па	6—12	7—19	8—24	Нет	1—7	7—19	6—18	0,5—10
Дифференциал регулируемый, 10^5Па	2,5	3	2,5	»	1—2,5	2—5	1—2,5	1—1,8
Предельно допустимое давление, 10^5Па	—	21	30	»	18	25	21	21

Примечание. Реле РД-1Б-01 и РД-2Б-03 имеют такую же характеристику, но исполнение их не брызгозащитное, а категории ВЗГ, т. е. они могут быть использованы во взрывоопасных, в частности в аммиачных, установках.

Реле давления РДА-4А-01Т и РДА-4А-02Т. Эти реле предназначены для работы на аммиачных установках. По принципу действия они аналогичны фреоновым реле давлений, но сильфоны у них изготовлены из нержавеющей стали, не поддающейся воздействию аммиака. Они имеют морское тропическое исполнение и предназначены для помещений класса В-1б.

Регулирование температуры в нескольких камерах

При непосредственном охлаждении нескольких камер регулировать температуру в них количеством тепла, отводимого из одной камеры путем изменения холодопроизводительности компрессора ($Q_{хм}$) нельзя, так как компрессор должен отводить тепло, равное сумме теплопритоков во все камеры. Поэтому для поддержания требуемой температуры $t_{об}$ в каждой камере приходится изменять холодопроизводительность батареи Q_0 (испарителя):

$$Q_0 = k_и F_и (t_{об} - t_0).$$

Как видно из формулы, изменить холодопроизводительность испарителя можно изменением коэффициента теплопередачи $k_и$, поверхности испарителя $F_и$ или температуры кипения t_0.

Схемы способов регулирования температуры в камерах представлены на рис. 66.

Регулирование температуры в камере изменением коэффициента теплопередачи (рис. 66, *а*) можно обеспечить периодическим включением вентилятора от реле температуры. Среднее значение

$$k_и = \frac{\tau_р k_{ир} + \tau_н k_{ин}}{\tau_ц},$$

где $k_{ир}$ — коэффициент теплопередачи испарителя во время работы вентилятора, который в 3—4 раза выше, чем $k_{ин}$ при неработающем вентиляторе в течение времени $\tau_н$. Степень заполнения испарителя в этой схеме поддерживается постоянной при помощи *ТРВ*;

$\tau_р$, $\tau_н$ и $\tau_ц$ — продолжительность рабочей части, нерабочей и всего цикла.

Регулирование температуры в камере плавным изменением поверхности охлаждения показано на рис. 66, *б*. При повышении $t_{об}$ пропорциональный регулятор температуры

ПРТ уменьшает подачу холодильного агента в испаритель, при этом уменьшается поверхность соприкосновения кипящей жидкости, т. е. фактически уменьшается поверхность интенсивного теплообмена $F_и$.

Однако применяют главным образом двухпозиционное изменение подачи жидкости в испаритель (рис. 66, *в*). При достижении заданных пределов температуры в камере *РТ*

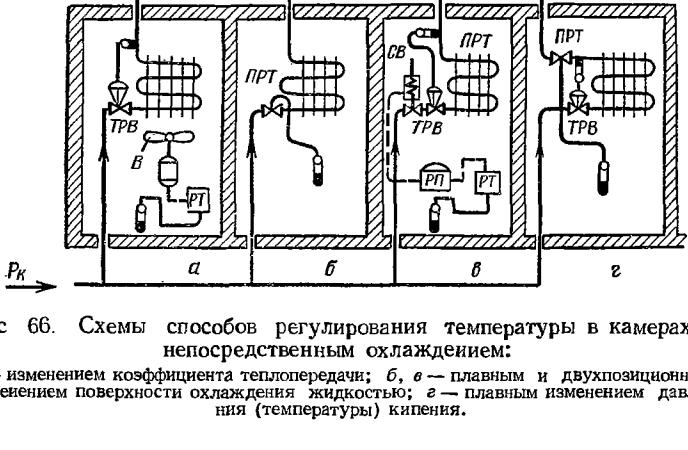


Рис 66. Схемы способов регулирования температуры в камерах с непосредственным охлаждением:

а — изменением коэффициента теплопередачи; *б*, *в* — плавным и двухпозиционным изменением поверхности охлаждения жидкостью; *г* — плавным изменением давления (температуры) кипения.

периодически открывает или закрывает соленоидный вентиль на входе в испаритель. При закрытом *СВ* оставшийся в испарителе агент выкипает, и поверхность теплообмена не используется ($F_и$=0); при открытом *СВ* благодаря *ТРВ* весь испаритель заполнен жидким хладагентом.

Холодопроизводительность испарителя определяется коэффициентом рабочего времени открытия *СВ*. Недостаток этого способа — большое инерционное запаздывание: после закрытия *СВ* жидкий агент продолжает выкипать, снижая $t_{об}$.

Для изменения температуры кипения применяют регуляторы, дросселирующие пары на выходе из испарителя. Это можно осуществить пропорциональным регулятором температуры *ПРТ* (рис. 66, *г*) или установкой *СВ* на выходе из испарителя, который открывается при повышении температуры и закрывается при понижении ее от реле температуры (как и на рис. 66, *в*).

При рассольном охлаждении камер холодопроизводительность батареи

$$Q_б \approx \frac{t_{об} - t_{р_1}}{\frac{1}{kF} + \frac{1}{2Mc}},$$

где $t_{р_1}$ — температура рассола на входе в батарею;
M — количество циркулирующего рассола, кг/с;
c — удельная теплоемкость рассола, Дж/(кг · К).

Автоматически изменять $Q_б$ можно за счет изменения коэффициента теплопередачи (как и на рис. 66, *а*) путем отключения части поверхности F (если батарея имеет две или несколько секций) и, наконец, плавным или двухпозиционным изменением количества подаваемого рассола.

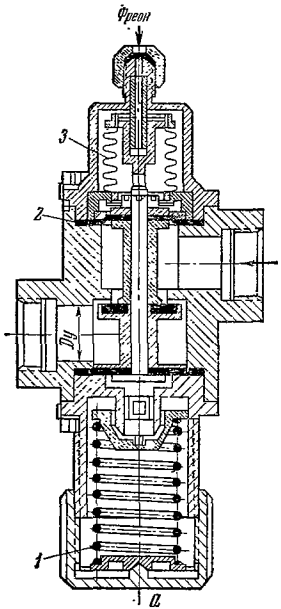
Последняя схема, осуществляемая при помощи соленоидного вентиля и реле температуры (аналогично рис. 66, *в*), получила наибольшее распространение.

§ 7. РЕГУЛИРОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ КОНДЕНСАЦИИ

При включении компрессора давление и температура в конденсаторе растут до тех пор, пока количество тепла, отводимого воздухом или водой при охлаждении и конденсации пара, не сравняется с количеством тепла, которое поступает из компрессора с горячим паром. Поверхность конденсатора выбрана с таким расчетом, что средняя разность между температурой конденсации и температурой охлаждающей воды устанавливается примерно 4—5°С. При увеличении количества воды, подаваемой на конденсатор, температура ее на выходе будет меньше. Это снижает температуру (и давление) конденсации. До известного предела снижение давления конденсации экономически выгодно, так как связанное с этим снижение расхода электроэнергии, увеличение холодопроизводительности машины и повышение её надёжности с избытком окупают увеличение расхода на воду. Однако дальнейшее увеличение расхода воды уже нецелесообразно, так как снижение давления становится незначительным, а расходы на воду возрастают.

Оптимальное давление конденсации зависит от температуры поступающей воды, режима работы машины, со-

отношения стоимости 1 $м^3$ воды и 1 кВт·ч электроэнергии, от степени влияния давления конденсации на надежность машины и других факторов. Так, для условий Москвы при летнем режиме ($t_{вд\,I}$ =20° С) оптимальный нагрев воды



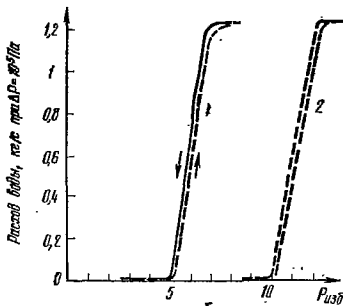


Рис. 67. Водорегулирующий вентиль типа ВР:

а — разрез; *б* — статическая характеристика, ВРР 62002, $d_{усл}$ = 25 мм: *1* — при ослабленной пружине; *2* — при сжатой пружине.

в конденсаторе 6—8° С, что соответствует давлению конденсации на фреоновых машинах 6—6,6·10^5 Па. Для южных районов ($t_{вд\,I}$ =25° С) оптимальное давление конденсации (изб.) (7—7,6)·10^5 Па.

Зимой ($t_{вд\,I}$=3—5° С) указанному оптимальному давлению конденсации соответствует нагрев воды в конденсаторе 20—25° С.

Постоянное давление конденсации можно поддерживать автоматически при помощи водорегулирующего вентиля ВРВ (рис. 67). Давление паров фреона со стороны нагнетания по трубке передается к штуцеру водорегулирующего вентиля ВРВ.

При повышении давления конденсации клапан ВРВ опускается, преодолевая сопротивление пружины, и увеличивает подачу воды в конденсатор. Двойное уплотнение

(сильфон *3* и мембрана *2*) надежно предохраняет от прорыва фреона в водяную магистраль.

Величина начала открытия регулируется натяжением пружины *1* в пределах $p_{изб}$ от 5 до $10 \cdot 10^5$ Па (для модели ВРР 62002) или от 8 до $13 \cdot 10^5$ Па (для ВРР 62003). Первую модель можно применить для фреона-12, вторую — для аммиака или фреона-22. Диапазон пропорциональности около $2 \cdot 10^5$ Па. Расход воды определяется диаметром проходного сечения:

Условный диаметр, *мм* . . .	10	15	20	25
Расход воды (при $p=1 \cdot 10^5$Па), $м^3/ч$	0,65	1,6	2,5	4

Для экономии воды вместо ВРВ иногда применяют соленоидные вентили, которые при остановке компрессора автоматически закрывают подачу воды на конденсатор. Давление конденсации при этом существенно меняется, ухудшая работу ТРВ или другого устройства, регулирующего заполнение испарителя. Поэтому на машинах с водяным охлаждением конденсатора целесообразно устанавливать ВРВ.

§ 8. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОТТАИВАНИЕ ИНЕЯ С ОХЛАЖДАЮЩИХ ПРИБОРОВ

Температура испарителей или рассольных батарей, используемых для охлаждения воздуха, обычно ниже 0° С и на поверхности их образуется слой инея. Скорость нарастания инея зависит от влажности охлаждаемого воздуха и температуры охлаждающей поверхности. Небольшой слой инея (до 1 мм) сначала несколько увеличивает коэффициент теплопередачи, так как иголочки снега как бы увеличивают поверхность охлаждения, но уже через 2 дня иней уплотняется и значительно ухудшает теплопередачу через батарею, что снижает экономичность работы холодильной машины. Например, в торговых шкафах иней толщиной 3—4 мм увеличивает расход электроэнергии на 50—60%. При образовании сплошной снеговой «шубы» (без просвета между ребрами) расход электроэнергии возрастает в 3—4 раза.

Если температура в шкафу регулируется косвенным методом (поддержанием температуры испарителя или давле-

ния кипения), то нарастание инея приводит к повышению температуры в камере. В этом случае происходит относительный перерасход электроэнергии, так как для поддержания более высокой температуры при отсутствии инея расход энергии был бы значительно ниже, а снеговая «шуба» сохраняет его практически прежним.

В качестве первичных приборов, реагирующих на образование инея, применяют:

реле температуры, чувствительный элемент которого расположен в воздушной среде с плюсовой температурой (когда нарастающий иней коснется термометра, температура его снизится до нуля);

дифференциальное реле температуры, воспринимающее разность температуры в камере и температуры кипения (с увеличением слоя инея разность $t_{об}—t_0$ возрастает);

регуляторы с емкостным датчиком;

программное реле, включающее оттаивающее устройство через определенные интервалы времени.

В последнем случае толщина слоя инея за время работы машины может оказаться различной. Поэтому и продолжительность удаления инея будет разной. Для прекращения оттаивания часто используют реле температуры испарителя, которое включает компрессор в нормальную работу, когда температура испарителя достигнет 1—2° С, т. е. он полностью оттает. Эту же роль может выполнить реле низкого давления, настроенное на соответствующее давление включения (для фреона-12 $p_{изб}$ $2{,}2 \cdot 10^5$Па—$2{,}4 \cdot 10^5$Па).

Различают три способа автоматического удаления инея: воздухом камеры; горячим паром, отбираемым из линии нагнетания компрессора; дополнительным источником тепла (электронагревателем, теплой водой, горячим рассолом). Рассмотрим особенности каждого способа.

Первый способ может быть использован только в том случае, когда в камере поддерживается плюсовая температура (3—4° С). При цикличной работе налет инея удаляется за период стоянки компрессора. При большой тепловой нагрузке, когда продолжительность работы компрессора возрастает, период стоянки, необходимый для удаления инея, увеличивается, и температура в камере повышается до 7—8° С.

Учитывая, что при автоматическом поддержании температуры испарителя (или давления кипения) в пределах, обеспечивающих оттаивание инея за период стоянки, тем-

пература в камере может превысить допустимую, иногда применяют одновременно два реле температуры $РТ_к$ и $РТ_и$ (рис. 68, *а*). $РТ_к$ останавливает компрессор только тогда,

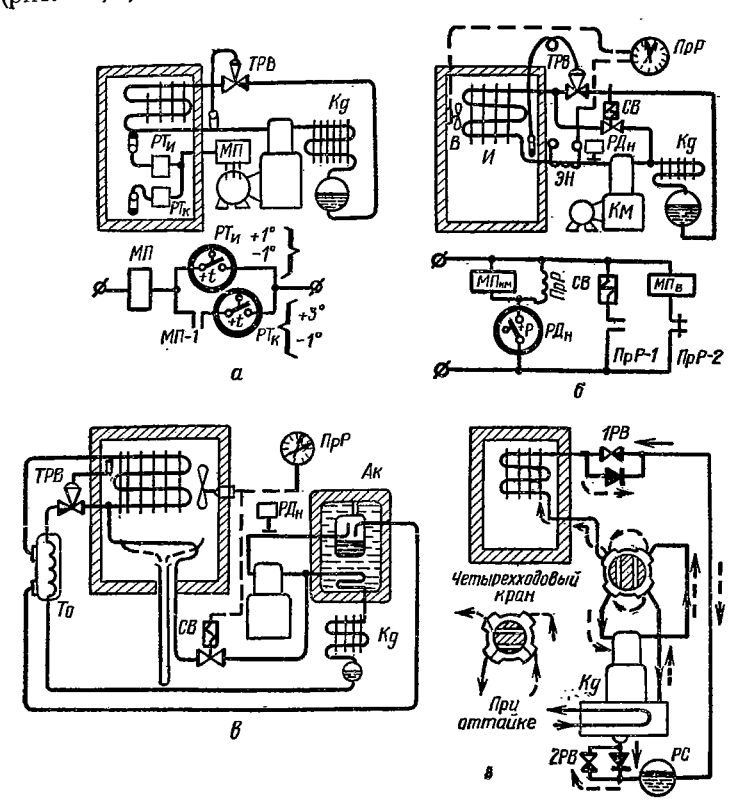


Рис. 68. Схемы автоматического оттаивания испарителя:
а — естественное (воздухом камеры); *б* — горячим паром с испарением жидкости электронагревателем; *в* — горячим паром с испарением жидкости в аккумуляторе; *г* — горячим паром с испарением жидкости в конденсаторе.

когда в камере достигнута требуемая температура (например, 1° С). После остановки компрессора температура в камере повышается и, когда она достигнет 3° С, контакты $РТ_к$ замкнутся, но компрессор еще не включится, так как разомкнуты его блок-контакты *МП*-1. Только тогда, когда температура испарителя достигнет 1° С, т. е. оттает снего-

вая шуба, контакты $РТ_н$ замкнутся, и компрессор снова начнет работать.

При необходимости поддержания в объекте температуры ниже 0° С применяют оттаивание горячим паром или дополнительным источником тепла.

Наиболее экономичны и эффективны схемы оттаивания горячим паром (рис. 68, *б*, *в*, *г*). Во всех схемах горячий пар из компрессора направляется не в конденсатор, а непосредственно в испаритель. Там он, отдавая тепло, оттаивает снеговую шубу и конденсируется. Для превращения образующейся жидкости снова в пар прежде, чем она поступит в компрессор, применяют различные способы.

В схеме на рис. 68, *б* для этого используют электронагреватель. Программное реле *ПрР* примерно один раз в сутки включает на 10—30 мин автоматическое оттаивание: открывает соленоидный вентиль *СВ* для подачи горячего пара в испаритель и электроподогрев, останавливая при этом вентилятор. В электросхеме программное реле *ПрР* включается вместе с компрессором $МП_{км}$ (рис. 68, *б*, внизу). Такая схема целесообразна, так как при длительных остановках компрессора инея почти не образуется. $РД_н$ в этой схеме настроено на низкую температуру (давление) кипения и оттаивание инея после остановки компрессора не обеспечивает.

Для превращения в пар жидкости, образующейся в испарителе, более целесообразно использовать тепло, которое отдает горячий пар, сжатый в компрессоре, охлаждающей среде в период нормальной работы (рис. 68,*в*). В схему включают специальный аккумулятор *Ак*. При нормальной работе температура пара после сжатия в компрессоре 60—70° С (для фреона-12). Поступая в аккумулятор, эти пары доводят примерно до такой же температуры залитую в него жидкость. При оттаивании жидкий агент из испарителя попадает во внутренний сосуд аккумулятора, являющийся жидкоотделителем. Пары отсасываются компрессором, а жидкий агент, собравшийся внизу, подогревается жидкостью аккумулятора и превращается в пар.

На рис. 68, *г* приведена схема, в которой жидкий агент в период оттаивания из испарителя попадает в конденсатор, где превращается в пар путем подогрева водой. Эту схему называют также реверсивной: в период оттаивания холодильная машина превращается в тепловой насос, который отводит тепло от окружающей среды (от воды кон-

денсатора) и отдает его через испаритель охлаждаемой камере. Направление потока жидкости и газов изменяют четырехходовым краном, который по команде программного реле или дифференциального реле температуры поворачивается на 90°. Движение агента в период оттаивания показано на схеме пунктиром. Параллельно регулирующим вентилям *1РВ* и *2РВ* установлены обратные клапаны.

Все способы оттаивания горячим паром имеют одну особенность: оттаивание происходит настолько быстро, что вследствие тепловой инерции объекта температура в нем не успевает существенно подняться. Трубопровод подачи горячего пара следует прокладывать рядом со сливной трубкой и обогревать им поддон (рис. 68, *в*), чтобы образующийся после удаления инея конденсат не замерзал в этих местах.

Широко применяют схемы с наружным обогревом испарителя, используя для этого ТЭНы (трубчатые электронагреватели) змеевики с подачей горячего пара или теплую воду, которой орошают охлаждающие батареи. Программное реле или другой датчик останавливает при этом компрессор и вентилятор, включая соответствующее обогревательное устройство. В рассольных батареях для удаления инея обычно используют рассол, подогреваемый в отдельном баке. Закрывают вентили подачи холодного рассола и открывают вентили подачи теплого.

§ 9. СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

Фреоновые машины малой холодопроизводительности

Фреоновые машины производительностью 3—4 тыс. ккал/ч обычно рассчитаны на непосредственное охлаждение одной или двух камер. Схема автоматизации этих машин с водяным охлаждением конденсатора показана на рис. 69.

Степень заполнения испарителя регулируется по перегреву (машину комплектуют двумя *ТРВ*). Температура в камерах поддерживается цикличной работой компрессора, который включается и останавливается при помощи реле низкого давления $РД_н$. Если температура в одной из камер должна быть ниже, чем в другой, то можно уменьшить в ней охлаждающую поверхность путем

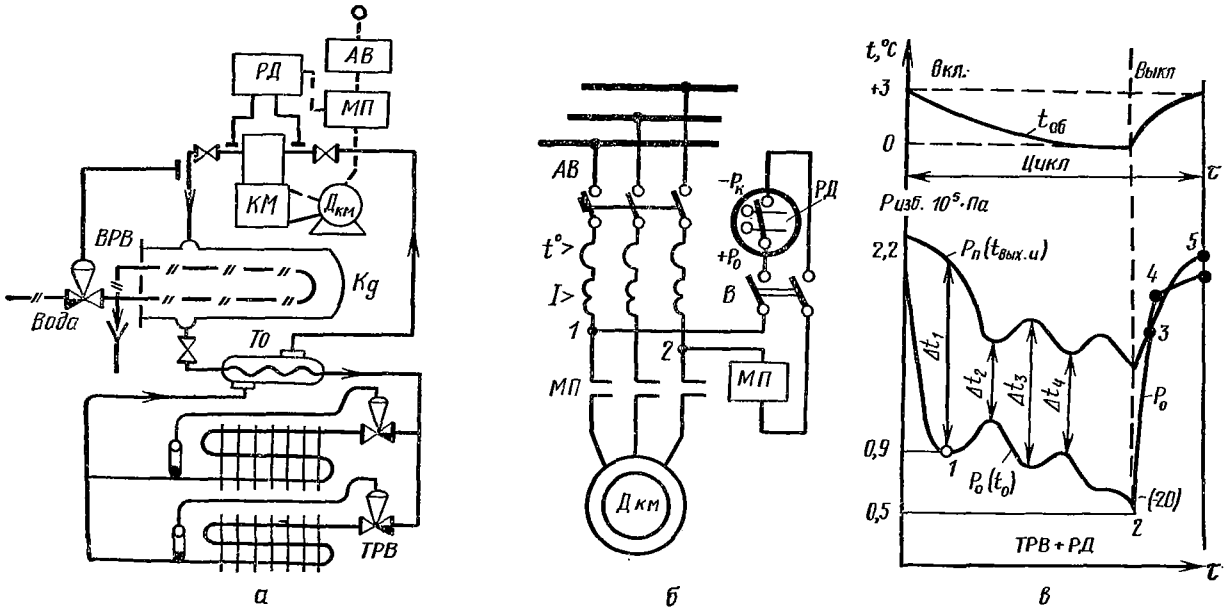


Рис. 69. Схема автоматизации холодильной машины с водяным охлаждением производительностью 3—4 тыс. ст. ккал/ч:

а — схема машины; *б* — электрическая схема; *в* — режим работы.

неполного заполнения испарителя, что достигается настройкой *ТРВ* на более высокий перегрев. Этот способ поддержания заданных температур одновременно в двух камерах при одинаковом давлении p_0 применим лишь тогда, когда разность средних значений $t_{об_1}$—$t_{об_2}$ не превышает 6—7° С и степень загрузки одной камеры не очень значительно отличается от степени загрузки другой камеры.

Давление конденсации автоматически поддерживается в заданных пределах водорегулирующим вентилем *ВРВ*, вместо которого иногда применяют соленоидные вентили, перекрывающие подачу воды при остановке компрессора.

Автоматическое оттаивание инея с испарителей за нерабочий период цикла возможно лишь при настройке $РД_н$ на включение при t_0=1—2°С, но это приводит к повышению $t_{об}$ к моменту включения компрессора до 3—8° С. Поэтому практически оттаивание производят вручную остановкой компрессора на несколько часов.

Защита от высокого давления осуществляется реле высокого давления $РД_в$, смонтированным обычно вместе с $РД_н$ в одном приборе (типа *РД*-1). $РД_в$ настраивают на выключение компрессора при избыточном давлении нагнетания $(10—11)\cdot 10^5$ Па. В случае отказа $РД_в$ (если давление продолжает повышаться) при $16\cdot 10^5$ Па (70° С) расплавляется специальная пробка на конденсаторе, и фреон выходит из системы. Защита обмоток электродвигателя от перегрева осуществляется тепловым реле в автоматическом выключателе *АВ* типа АП50-3МТ. Магнитные расцепители в нем (токовые реле) защищают от токов короткого замыкания.

Особое внимание в этой схеме следует обратить на совместную работу *ТРВ* и $РД_н$ (рис. 69, *в*). Перед включением компрессора давление в испарителе высокое, перегрев почти равен нулю, и *ТРВ* закрыт. После включения компрессора давление в испарителе резко падает, а температура чувствительного патрона *ТРВ* ($t_{вых.\,и}$) почти не изменяется. Когда перегрев достигнет значения Δt_1, *ТРВ* откроется, при этом подача в первый момент превысит тепловую нагрузку, давление в испарителе станет повышаться, а температура выходящих паров и чувствительного патрона понизится. Перегрев упадет до значения Δt_2, и подача будет уменьшаться.

Возникающие колебания перегрева постепенно затухают. При настройке $РД_н$ надо следить, чтобы давление отключения (точка *2*) было хотя бы на (0,3—0,4) 10^5 Па ниже, чем давление в испарителе в момент открытия *ТРВ* (точка *1*).

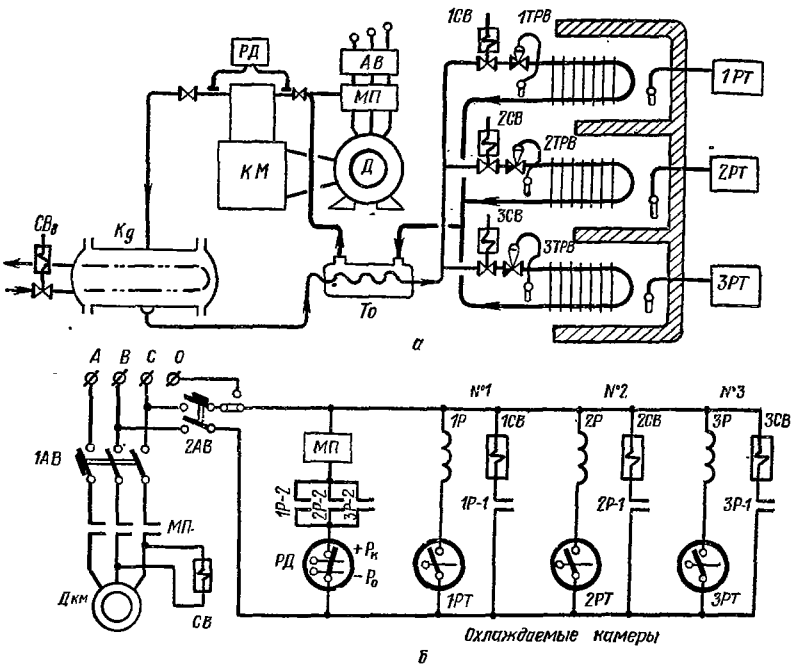


Рис. 70. Схема автоматизации фреоновой холодильной машины на три камеры:
а — схема установки; б — электрическая схема.

После остановки компрессора давление в испарителе быстро возрастает; перегрев становится равным нулю (точка *3*), и ТРВ закрывается. Но когда весь оставшийся в испарителе фреон сольется в картер компрессора и превратится в пар (точка *4*), давление начнет повышаться очень медленно; при этом температура чувствительного патрона постепенно возрастает, и к моменту пуска компрессора (точка *5*) давление в патроне становится выше, чем в испарителе. При длительной остановке этот перегрев может

открыть *ТРВ*, и жидкость переполнит испаритель. Поэтому в некоторых схемах перед *ТРВ* устанавливают также соленоидный вентиль, который закрывает проход жидкости после остановки компрессора.

В установках непосредственного охлаждения трех и более объектов применение схемы с регулированием только температуры кипения, т. е. без раздельного регулирования температуры в охлаждаемых объектах, вызывает обычно значительные отклонения $t_{об}$ от своих средних значений вследствие неравномерной загрузки камер. Поэтому применяют схемы с раздельным регулированием температуры, как на рис. 70, *а*.

В каждой камере установлено реле температуры *РТ*, которое при повышении температуры до верхнего допустимого предела включает соленоидный вентиль перед *ТРВ*, открывая подачу жидкости в испаритель. Взаимодействие приборов автоматики можно проследить по электрической схеме (рис. 70, *б*). При достижении температуры в одной из камер (например, № 1) реле температуры *1РТ* разрывает цепь промежуточного реле *1Р*, которое контактом *1Р-1* отключает соленоидный вентиль *1СВ*. Второй контакт промежуточного реле *1Р-2* находится в цепи катушки магнитного пускателя *МП*. Когда заданная температура будет достигнута одновременно во всех камерах, контакты *1Р-2*, *2Р-2* и *3Р-2* разрывают цепь *МП* и компрессор останавливается. При этом закрывается соленоидный вентиль подачи воды на конденсатор (его обычно подключают к клеммам электродвигателя).

Недостаток этой схемы заключается в том, что при работе на одну оставшуюся камеру компрессор держит слишком низкое давление в испарителе, т. е. работа его неэкономична. Поэтому иногда применяют схему, в которой соленоидный вентиль перекрывает не все испарители в камере, а только часть из них.

Защита в этой установке такая же, как и на схеме рис. 69, но реле давления защищает не только от высокого давления нагнетания, но и от пониженного давления в испарителе, так как резкое снижение давления всасывания может вызвать выброс масла из картера.

Приборы защиты малых машин включают в цепь катушки пускателя. Поэтому возвращение параметров к нормальному состоянию (после срабатывания защиты) приводит к включению компрессора, если в приборе не преду-

смотрена специальная защелка с кнопкой для последующего включения вручную (как у тепловой защиты магнитного пускателя).

Машины средней холодопроизводительности

Машины средней холодопроизводительности М чаще применяют в установках с рассольным охлаждением. Схема такой установки с машиной ХМ-АВ$_1$-22 (на фреоне-22) показана на рис. 71, *а*.

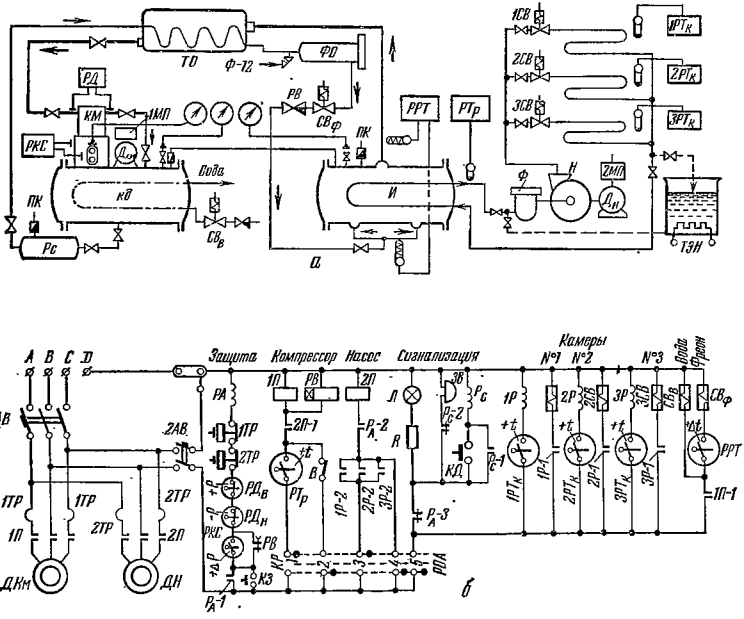


Рис. 71. Схема автоматизации холодильной установки с рассольным охлаждением и машиной ХМ-АВ$_1$-22 (на фреоне-22):
а — схема установки; *б* — электрическая схема.

Для регулирования заполнения испарителей применяют *ТРВ* с внешним выравниванием или, как в данной схеме, реле разности температур *РРТ* (типа ПТРД-2), которое при увеличении перегрева открывает соленоидный вентиль СВ$_ф$ подачи фреона в испаритель. Для поддержания заданных температур в каждой камере установлено

реле температуры, которое управляет соленоидным вентилем подачи рассола в эту камеру.

Температура рассола, подаваемого в камеры, поддерживается в заданных пределах при помощи реле температуры $РТ_р$, которое включает и останавливает компрессор, согласуя его холодопроизводительность с суммарными теплопритоками во все камеры.

Для защиты установки, кроме $РД_в$ и $РД_н$ (защита от высокого давления конденсации и вакуума в испарителе), применяют еще реле контроля смазки *РКС*, которое защищает компрессор от работы с недостаточной смазкой. Если разность между давлением нагнетания масляного насоса и давлением в картере становится меньше $0{,}8 \cdot 10^5$ Па, *РКС* останавливает компрессор. Кроме того, в машинах с кожухотрубным испарителем во избежание замерзания рассола обязательно предусматривают защитную блокировку: при остановке насоса останавливается и компрессор.

Приборы защиты на машинах средней (и большой) производительности включают так, чтобы после срабатывания защиты необходим был бы пуск вручную. Указанное взаимодействие приборов автоматики и блокировку можно проследить по электрической схеме (рис. 71, *б*).

Для пуска на автоматическую работу включают выключатели *1АВ* и *2АВ*, а ключ режимов *КР* поворачивают в положение *А* (автоматика). Контакты *КР-1*, *КР-3* и *КР-5* замкнутся. После нажатия кнопки защиты *КЗ* ток пройдет через замкнутый контакт реле времени *РВ*, и катушка аварийного реле $Р_А$ окажется под напряжением. Контакт $Р_А$*-1* зашунтирует кнопку *КЗ* ($Р_А$ станет на самопитание), а контакт $Р_А$*-2* подготовит цепь для включения пускателя насоса *2П*. Если хотя бы в одной из камер температура выше требуемой (например, в камере № 1) $1РТ_к$ включает *1Р*, которое контактом *1Р-1* открывает соленоидный вентиль *1СВ*, а контактом *1Р-2* пускает насос. Пускатель насоса контактом *2П-1* подготавливает цепь пускателя компрессора *1П*. Если температура рассола выше заданной, то $РТ_р$ включает компрессор. Одновременно с *1П* включается реле времени *РВ*, которое через 10—15 с разомкнет контакт *РВ* в цепи защиты. Если к этому времени насос не создаст нужного давления (не замкнутся контакты *РКС*), то компрессор остановится, так как $Р_А$ контактом $Р_А$*-2* отключит пускатель насоса *2П*, а следовательно, и цепь компрессора *1П* (контактом *2П-1*).

Контакт $Р_А$-*3* включает звонок и сигнальную лампу *Л*. Для отключения звонка кнопкой деблокировки *КД* включают сигнальное реле $Р_с$, которое контактом $Р_с$-*2* отключает звонок, а контактом $Р_с$-*1* становится на самопитание. Для повторного пуска надо устранить причину срабатывания прибора защиты и нажать кнопку *КЗ*. При ручном управлении (*КР-2*, *КР-4* и выключатель *В* вместо реле $РТ_р$) защита и блокировка (*2П-1*) остаются. При остановке компрессора контакт *1П-1* отключает подачу воды в конденсатор (и водяную рубашку) — $СВ_в$, а также подачу фреона в испаритель — $СВ_ф$.

Машины крупной холодопроизводительности

На холодильниках емкостью 1000 т и более чаще всего применяют насосно-циркуляционные схемы с верхней подачей аммиака в батареи (рис. 72, *а*).

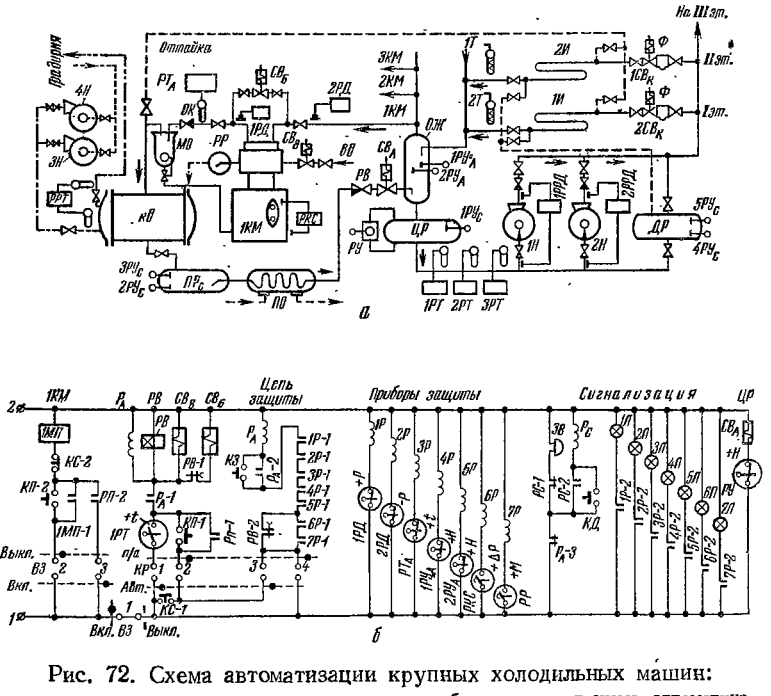


Рис. 72. Схема автоматизации крупных холодильных машин:

а — схема присоединения нескольких агрегатов; *б* — элементная схема автоматического управления (для одного агрегата).

Требуемая температура кипения (до —30° С) обеспечивается несколькими параллельно включенными одноступенчатыми компрессорами (типа АВ-100, АУ-200, АУУ-400). С увеличением тепловой нагрузки компрессоры последовательно включаются каждый от своего реле температуры (*1PT*, *2PT*, *3PT*). Настройка *PT* по схеме пропорционального регулирования была показана на рис. 49,*б*.

Температура в каждой камере регулируется двухпозиционным изменением подачи жидкого аммиака. При большом количестве камер (25 и более) применяют многоточечные реле температуры типа АМУР. В каждой камере имеются термометры сопротивления (*1T*, *2T* и т. д.), которые при повышении температуры дают импульс в АМУР. После усиления этот сигнал через исполнительные реле включает соответствующие соленоидные вентили ($1СВ_к$, $2СВ_к$ и т. д.).

Регулирования заполнения испарителей в этой схеме не требуется (объект с полным самовыравниванием): насос подает жидкость с избытком и увеличение тепловой нагрузки уменьшает лишь количество жидкости, стекающее в отделитель жидкости *ОЖ*, а на степени заполнения испарительной батареи не отражается.

Общее количество жидкости в испарительной системе регулируется по уровню в циркуляционном ресивере *ЦР* (см. рис. 48 и 56).

Регулирование давления конденсации ведется по нагреву воды в конденсаторе (косвенное). Когда нагрев воды достигает 6—8° С, реле разности температур *PPT* включает дополнительный насос (первый работает непрерывно).

Возврат масла из маслоотделителя *МО* в картер компрессора регулируется по уровню масла в *МО* поплавковым регулятором.

На крупных установках в отдельных камерах (фруктовых, хранения сыра и пр.) часто регулируют влажность (на схеме не показано). При повышении относительной влажности реле влажности включает осушающее устройство: обычно воздухоохладитель с низкой температурой кипения, на поверхности которого и выделяется в виде инея влага. Если при этом температура воздуха будет ниже требуемой, то включают специальный подогрев. При недостаточной относительной влажности включается увлажняющее устройство (например, подача водяного пара).

Автоматическая защита предусматривает остановку компрессора в случаях повышения избыточного давления конденсации до (13—14) 10^5 Па (*1РД*); работы на вакуум (*2РД*); температуры нагнетания 120—125°С ($РТ_А$); повышения уровня в отделителе жидкости (два прибора — $1РУ_А$ и $2РУ_А$ ставят для надежности, так как гидравлический удар является одной из частых причин аварий); если масляный насос не обеспечивает требуемого давления, т.е. разность между давлением масла и в картере менее $0{,}8 \cdot 10^5$ Па — *РКС*; прекращения подачи воды через водяную рубашку — реле расхода *РР*.

Целесообразно применение прибора для защиты от опасной концентрации паров аммиака (СПА-2). При концентрации паров аммиака 0,04 мг/л (санитарная норма) он обеспечивает подачу светового сигнала, а при аварийной концентрации 0,4 мг/л должен отключить компрессор и включить аварийную вентиляцию и сигнализацию.

Приборы защиты на крупных установках при срабатывании должны обеспечивать подачу светового сигнала, чтобы была известна причина аварийной остановки.

Для разгрузки компрессоров предусматривают байпасы, которые открываются на 5—7 с при пуске компрессора. Последовательность пуска компрессора и включение приборов защиты можно проследить по электрической схеме (рис. 72, *б*).

Ключ режимов *КР* ставят в положение «Авт» (автоматика). Контакты *КР-1* и *КР-3* замыкаются (черные точки на линии «Авт»). Затем включают выключатель защиты *ВЗ* (контакты *ВЗ-1* и *ВЗ-3*). При этом приборы защиты, контакты которых замкнуты, включают свои реле (*1Р—5Р*), которые замкнувшимися контактами *1Р-1—5Р-1* подготавливают цепь питания аварийного реле $Р_А$. При нажатии кнопки защиты *КЗ* катушка $Р_А$ окажется под напряжением (ток пройдет по цепи: *1 — ВЗ-1—КС-1—КР-3——РВ-2—5Р-1—1Р-1—КЗ—*$Р_А$*—2*). Контакты $Р_А$*-1* замкнутся и подготовят цепь для включения пускового реле *РП*, а контакты $Р_А$*-2* обеспечат самопитание реле $Р_А$ после отпускания кнопки *КЗ*.

При повышении температуры кипения реле *1РТ* одновременно с пусковым реле $Р_п$ включает соленоидный вентиль $СВ_В$, обеспечивающий подачу воды в рубашку компрессора, соленоидный вентиль $СВ_В$ на линии байпаса, облегчающий пуск компрессора, и реле времени *РВ*, кото-

рое через 5—7 с, т. е. после разгона компрессора, контактом *РВ-1* отключает вентиль байпаса $СВ_Б$. Другой контакт реле времени *РВ-2* размыкается через 10—15 с, но цепь защиты не оборвется, так как за это время вода пройдет через рубашку компрессора, реле расхода *РР* включит реле *7Р* и контакты *7Р-1* замкнутся. Аналогично масляный насос создает давление масла, и реле контроля смазки *РКС* включит реле *6Р* и контакты *6Р-1*.

При срабатывании любого прибора защиты разрывается цепь питания $Р_А$ и контакт $Р_А$-*1* отключит пусковое реле $Р_п$, которое контактом $Р_п$-*2* остановит компрессор, а контакт $Р_А$-*3* включит аварийную сигнализацию. Одновременно одно из промежуточных реле (*1Р—7Р*) включает одну из лампочек (*1Л—7Л*), чтобы зафиксировать, какой из приборов защиты остановил компрессор.

Для повторного пуска компрессора надо устранить причину аварийной остановки и нажать кнопку *К3*.

В полуавтоматическом режиме (*КР-2*, *КР-4*) вместо *1РТ* компрессор включается кнопкой пуск *КП-1*, защита при этом функционирует. Для наладочных работ предусмотрена возможность включения компрессора без защиты (через *ВЗ-2* и кнопку *КП-2*).

Кнопка стоп *КС-2* останавливает компрессор в любом из трех режимов.

Для оттаивания батарей в камерах закрывают вентили на входе и на выходе аммиака из батарей, а затем подают горячие пары аммиака с нагнетательной линии компрессора в данную камеру. Конденсат, образовавшийся при оттайке, сливается из батареи в дренажный ресивер. Для автоматизации оттаивания необходимо установить вместо ручных соленоидные вентили и через определенные интервалы времени (например, один раз в сутки) обеспечивать их переключение.

Двухступенчатые установки

В двухступенчатых установках, как и в одноступенчатых, регулируется температура в камерах, заполнение испарителей и циркуляционного ресивера, температура кипения, давление конденсации и другие параметры. Кроме того, в двухступенчатых машинах необходимо регулировать количество жидкости, подаваемой в промежуточный сосуд ПС для переохлаждения пара после сжатия в ком-

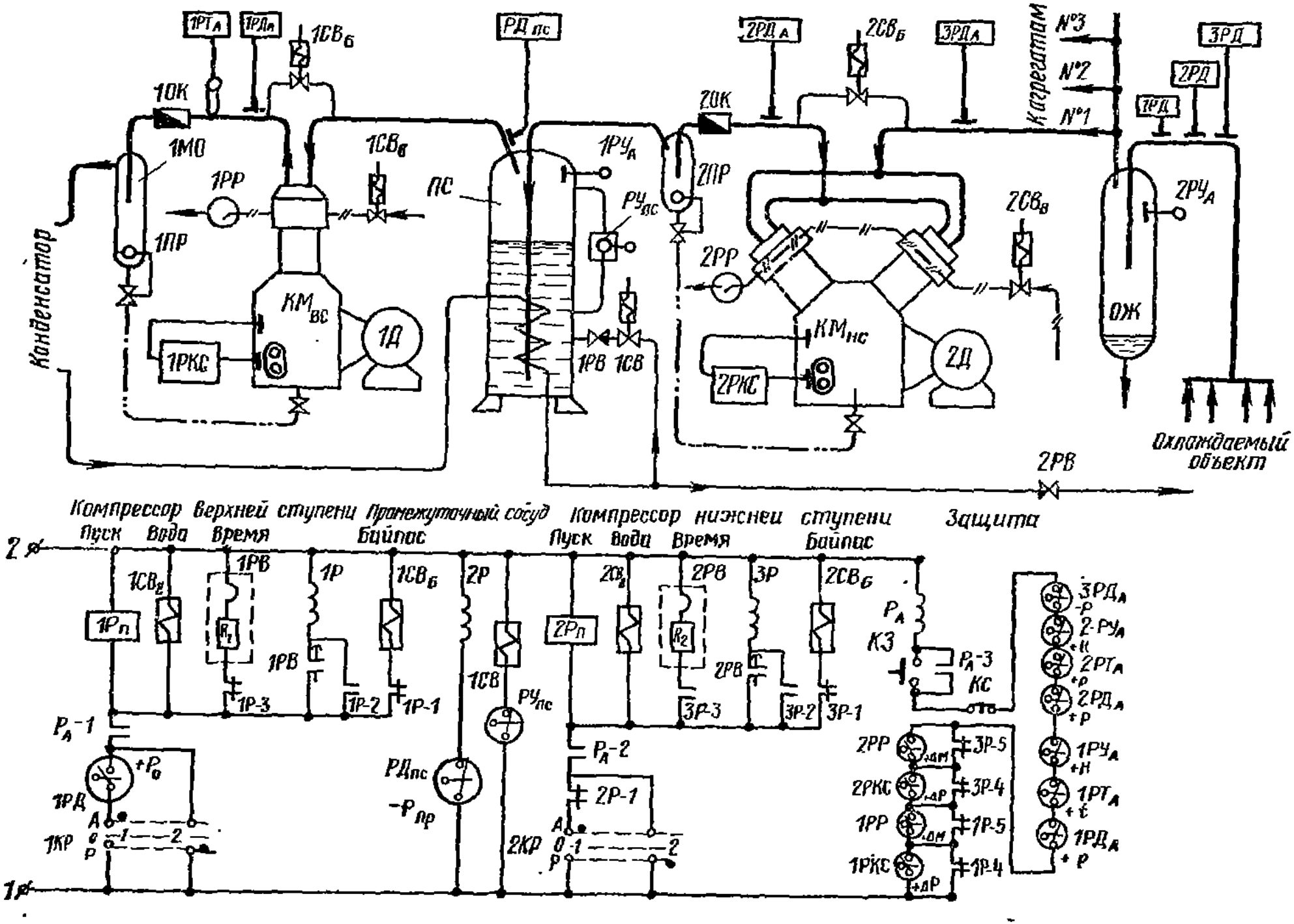


Рис. 73. Схема автоматизации двухступенчатых машин.

прессоре низкой ступени $КМ_{нс}$. Это обычно осуществляют при помощи реле уровня $РУ_{пс}$ (рис. 73), которое управляет соленоидным вентилем *1СВ*.

Кроме того, порядок пуска компрессоров в двухступенчатых машинах в отличие от одноступенчатых более сложный.

Обычно применяют следующие варианты пуска:

включается компрессор высокой ступени, а затем при снижении давления в ПС включается компрессор низкой ступени;

включается компрессор высокой ступени и через определенное время включается компрессор низкой ступени;

включается компрессор низкой ступени и при достижении повышенного давления в промежуточном сосуде включается компрессор высокой ступени (эту схему применяют для облегчения пуска компрессора высокой ступени при высоком давлении конденсации);

перед пуском компрессоров открывается байпас на линии промежуточный сосуд — испаритель; включается компрессор низкой ступени, закрывается байпас; включается компрессор высокой ступени. (Эта схема менее экономична, так как парообразование в промежуточном сосуде и последующая конденсация пара в испарителе снижают холодопроизводительность установки);

в мелких установках обычно включают сразу оба компрессора, так как резкое возрастание силы тока здесь не опасно.

Схема автоматизации крупной двухступенчатой аммиачной машины с первым вариантом включения компрессоров показана на рис. 73.

При автоматической работе (*1КР-1*, *2КР-1*) кнопкой *КЗ* включают защиту и $Р_А$ контактами $Р_А$-*1* и $Р_А$-*2* подготавливает пуск компрессоров.

При повышении давления в испарительной системе реле давления *1РД*, *2РД* и *3РД* последовательно включают свои агрегаты. При замыкании контактов *1РД* включается пусковое реле $1Р_п$ компрессора верхней ступени. Одновременно открываются соленоидные вентили на воде $1СВ_в$ и на линии байпаса $1СВ_Б$. Через 10 с реле времени *1РВ* включит *1Р*, которое контактом *1Р-2* отключит байпас $1СВ_в$, а контактами *1Р-4* и *1Р-5* разорвет шунтирующую цепь

приборов *1РКС* и *1РР*. Если к этому времени насос не обеспечит давление масла или не будет воды в рубашке компрессора, то *1РКС* или *1РР* разорвут цепь защиты и компрессор остановится.

С понижением давления в промежуточном сосуде контакты $РД_{пс}$ разомкнутся, и реле *2Р* контактом *2Р-1* включит компрессор нижней ступени (порядок пуска компрессора низкой ступени такой же, как и компрессора высокой ступени).

Сигнализация, фиксирующая срабатывание приборов защиты, на схеме не показана.

Глава 6

ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ, МАШИНЫ И УСТАНОВКИ

§ 1. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Холодильным агрегатом называется конструктивное объединение ряда узлов на общей раме или связанных опорах. Состав узлов агрегата определяется заводской поставкой. Обычно комплектуют компрессор, электродвигатель, конденсатор, вентилятор (при воздушном охлаждении конденсатора), ресивер, фильтр и некоторые приборы автоматики и контроля. В средних и крупных установках объединяют испаритель с ресивером и регулирующую станцию.

Агрегатированные машины имеют ряд преимуществ перед машинами, у которых каждый элемент монтируется отдельно: сборка агрегата на заводе-изготовителе обеспечивает необходимую точность, компактность, удобство технического обслуживания и качество выполнения монтажных работ (центровка валов, крепление электродвигателя и компрессора, подсоединение приборов автоматики и контроля и т. д.).

Холодильной машиной называется комплекс элементов, обеспечивающих отвод тепла от охлаждаемого объекта. Обычно холодильная машина состоит из компрессорно-конденсаторного агрегата, испарителей и приборов, регулирующих подачу холодильного агента и заданную температуру в охлаждаемом объеме.

Холодильной установкой называют холодильную машину вместе с охлаждаемым объектом и вспомогательными устройствами. Простейшим примером холодильной установки служит домашний холодильник, торговый холодильный шкаф или прилавок с компрессорно-конденсаторным агрегатом. Более крупные установки могут состоять из одной или нескольких машин, одного или нескольких охлаждаемых объектов, системы рассольных трубопроводов, насосов, вспомогательных аппаратов, а также приборов автоматики и контроля.

В настоящее время отечественная промышленность выпускает холодильные агрегаты и холодильные машины. Агрегаты поступают на заводы-изготовители холодильного оборудования, где они встраиваются в оборудование (преимущественно агрегаты с герметичными компрессорами), либо комплектуются испарителями и другими элементами холодильной машины, а также охлаждаемым объектом (прилавок, витрина, сборная камера) и направляются потребителям.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты классифицируются:

по типу компрессора — открытые (сальниковые), герметичные и бессальниковые (полугерметичные);

по типу конденсатора — с воздушным и водяным охлаждением;

по холодопроизводительности — малые до 12 000 ст. ккал/ч, средние от 20 000 до 90 000 ст. ккал/ч и крупные — от 100 000 до 400 000 ст. ккал/ч.

Малые фреоновые холодильные агрегаты подразделяются:

на открытые (сальниковые) типа ФАК с поршневыми компрессорами;

на открытые типа Ф с поршневыми компрессорами;

на открытые с водяным охлаждением конденсатора типа АК;

на бессальниковые с водяным и воздушным охлаждением конденсатора типа БС;

на герметичные типа ВС (среднетемпературные), ВН (низкотемпературные) и ВП (плюсовые) с поршневыми герметичными компрессорами;

на герметичные типа ВСр с ротационными компрессорами.

§ 2. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ С АГРЕГАТАМИ ТИПА ФАК

Фреоновые автоматические холодильные агрегаты ФАК-0,7Е, ФАК-1,1Е, ФАК-1,5М и ФАК-0,7АВ (рис. 74) предназначены для охлаждения торгового оборудования. Эти агрегаты размещают преимущественно отдельно от охлаждаемого объекта. Они работают с различными по размерам и видам испарительными батареями в диапазоне температур кипения от 5 до —30° С, при температуре окружающего воздуха до 40° С.

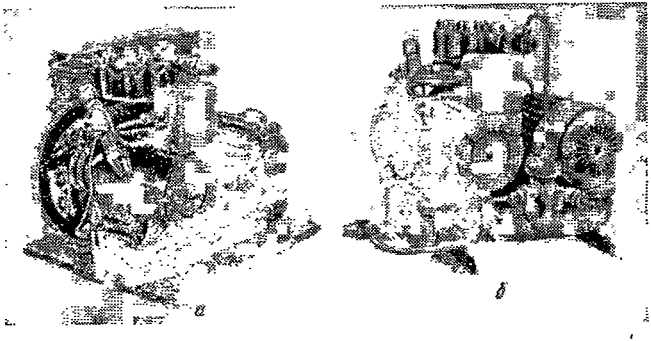


Рис. 74. Холодильные агрегаты:
а — ФАК-0,7Е; *б* — ФАК-0,7АВ.

Агрегаты ФАК-0,7Е применяются в комплекте с холодильными шкафами Т2-125М, а также с различными прилавками, прилавками-витринами и одноярусными витринами. Агрегаты ФАК-1,1Е и ФАК-1,5М применяются для охлаждения сборно-разборных камер, двух- и трехъярусных витрин.

Схема холодильной машины с агрегатом типа ФАК представлена на рис. 75.

Внешне агрегаты типа ФАК отличаются один от другого габаритами, конденсатором, размером и мощностью электродвигателя, количеством ремней, диаметром маховика компрессора и шкива электродвигателя.

Машина работает автоматически в циклическом режиме, так как подбирается с таким расчетом, чтобы ее производительность на 30—40% превышала сумму теплопритоков при максимальной тепловой нагрузке. Подача фреона из ресивера в испаритель регулируется терморегулирующим

вентилем, поддерживающим заданный перегрев на выходе из испарителя.

Испарившийся фреон по всасывающему трубопроводу поступает к всасывающему вентилю компрессора. После сжатия в компрессоре пары фреона через нагнетательный вентиль поступают в конденсатор, где они, охлаждаясь,

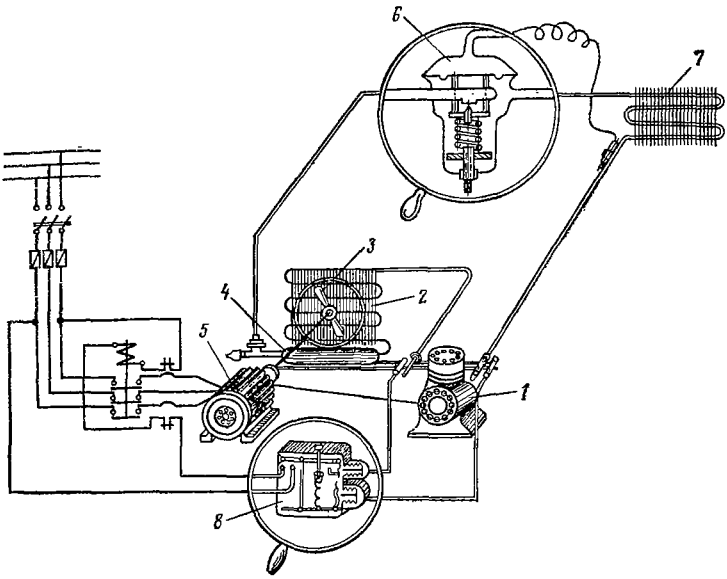


Рис. 75. Принципиальная схема холодильной машины с агрегатом типа ФАК:

1 — компрессор; *2* — конденсатор; *3* — вентилятор; *4* — ресивер; *5* — электродвигатель; *6* — терморегулирующий вентиль; *7* — испаритель; *8* — регулятор давления.

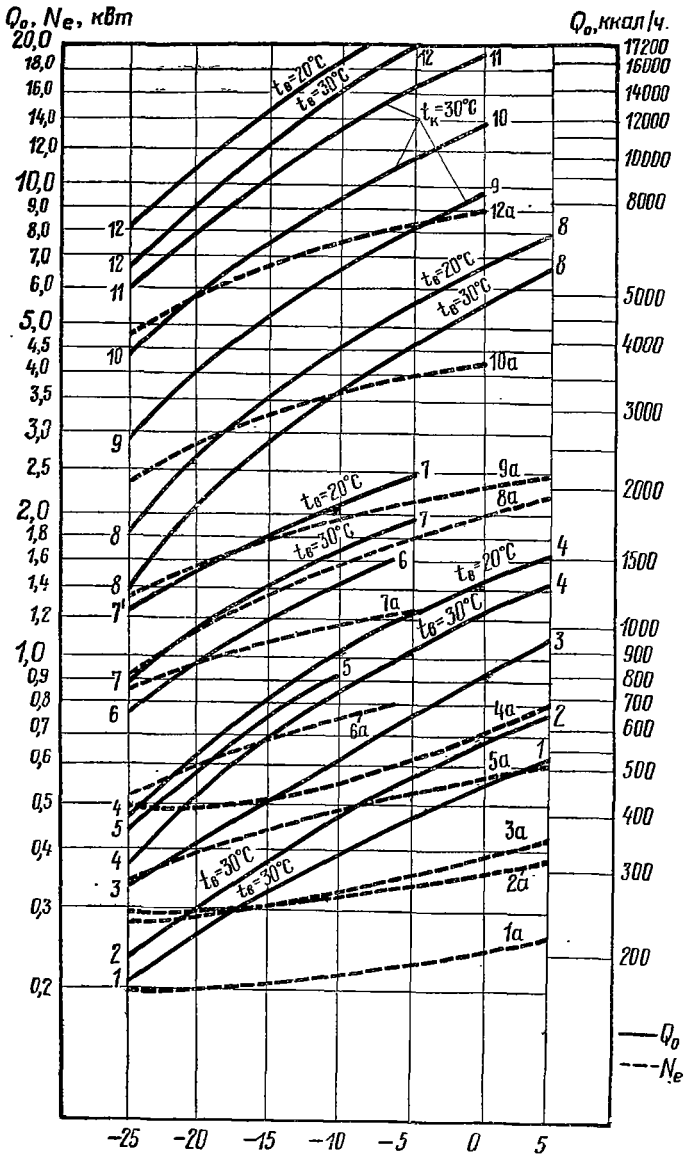
конденсируются в результате отвода тепла продувающим конденсатор окружающим воздухом. Жидкий фреон собирается в ресивере. Пуск и остановка электродвигателя компрессора осуществляется с помощью реле давления. Прессостат (реле низкого давления) осуществляет двухпозиционное регулирование температуры в охлаждаемом объеме по давлению на всасывании: при достижении верхнего заданного предела давления включает холодильную машину и отключает ее при достижении заданного нижнего предела давления. Маноконтроллер регулятора давления отключа-

Таблица 17

Показатели	ФАК-0,7Е	ФАК-1,1Е	ФАК-1,5М	ФАК-0,7АВ
Агрегат				
Холодопроизводительность, ст. ккал/ч	700	1100	1500	700
Зарядка, кг				
фреон-12	3,0	3,8	6,5	2,5
масло ХФ-12-18	1,05	1,05	1,05	1,05
Масса с фреоном и маслом, кг	76	86	122	64
Габариты, мм	580×445×445	580×465×445	780×605×480	600×410×460
Компрессор	ФВ-4/4,5	ФВ-4/4,5	ФВ-4/4,5	ФВ-4/4,5
Число цилиндров	2	2	2	2
Диаметр цилиндров, мм	40	40	40	40
Ход поршня, мм	45	45	45	45
Частота вращения вала, об/мин	450	650	950	450
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	3,11	4,41	6,44	3,11
Диаметр маховика (наружный), мм	268	252	136	268
Присоединительная резьба вентилей				
на штуцерах	М22×1 под трубку диаметром 12×1 мм			
на тройниках	М12×1 под трубку диаметром 6×1 мм			
Конденсатор				
Тип	Ребристотрубный с воздушным охлаждением			Кожухотрубный с водяным охлаждением
	трехрядный	четырехрядный	пятирядный	

Продолжение

Показатели	ФАК-0,7Е	ФАК-1,1Е	ФАК-1,5М	ФАК-0,7АВ
Поверхность охлаждения, м²	3,8	4,95	6,5	—
Вентилятор	Шестиполостной		Четырехполостной	—
Производительность, м³/ч	840	840	—	—
Емкость ресивера, л	2,25	2,25	5,1	—
Фильтр механический	Сетчатый			
Резьба на фильтре ресивера	М14×1,5 под трубку диаметром 8×1 мм			
Электродвигатель	АОЛ2-12-4Ш	АОЛ2-21-4	А 41/4	АОЛ 2-11-4
Род тока	Переменный, трехфазный, частота 50 Гц			
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380
Мощность, кВт	0,6	1,0—1,1	1,5—1,7	0,6
Диаметр шкива, мм	97	120	122	97
Клиновой ремень	А-1000	А-1000	А-1000	А-1000
Количество ремней	1	1	2	1
Приборы автоматики				
Магнитный пускатель	П-6-3Т с тепловым реле ТР-1			
Тумблер	ТП 1-2			
Реле давления	РД-1 или РД-3-01			


Q_o, N_e, квт
Q_o, ккал/ч
$t_к$=30°C
$t_в$=20°C
$t_в$=30°C
$t_в$=30°C
$t_в$=30

ет электродвигатель компрессора при чрезмерно высоком давлении конденсации.

Техническая характеристика агрегатов типа ФАК приведена в табл. 17.

Холодильный агрегат ФАК состоит из поршневого непрямоточного компрессора типа ФВ-4/4,5 со всасывающим и нагнетательными вентилями, ребристотрубного конденсатора с диффузором, ресивера с запорным вентилем и фильтром, соединяющих трубопроводов, электродвигателя со шкивом и вентилятором, клинового ремня, реле давлений, рамы и щитков ограждений. Компрессор, конденсатор и электродвигатель установлены на стальной штампованной раме и прикреплены к ней болтами. Привод компрессора от электродвигателя осуществляется клиновым ремнем. Реле давлений с помощью кронштейна крепится к картеру компрессора и соединяется трубками с тройниками всасывающего и нагнетательного вентилей компрессора.

На агрегате имеется три вентиля: два из них — двухходовые — крепятся фланцами к компрессору и один — одноходовой — приварен к ресиверу. Вентили компрессора снабжены тройниками для присоединения трубок от реле давления, а также приборов контроля давления (мановакуумметра, манометра).

Агрегат ФАК-0,7АВ отличается конструкцией конденсатора, ресивера и наличием водорегулирующего вентиля, который автоматически регулирует подачу воды в конденсатор в зависимости от давления конденсации.

Графики зависимости холодопроизводительности Q_0 и потребляемой мощности N_e агрегатов ФАК-0,7Е,

---

Рис. 76. График зависимости холодопроизводительности Q_0 и потребляемой мощности N_e от температуры кипения и конденсации для агрегатов холодопроизводительностью от 0,2 до 20,0 кВт.

Сплошными линиями с цифровыми обозначениями от 1 до 12 даны графикн изменения холодопроизводительности (Q_0) в зависимости от температуры кипения: для агрегатов ВСр = 0,28 ~ 1(2), ВСр = 0,35 ~ 1А, ВСр = 0,45 ~ 3, ВС = 0,7 ~ 3 и ВС = 1,1 ~ 3, которые соответственно обозначены цифрами 1, 2, 3, 5 и 6 при температуре окружающего воздуха 30°С; для агрегатов ФАК-0,7, ФАК-1,5, ИФ-56 и АКВ1-12, которые соответственно обозначены цифрами 4, 7, 8 и 12 при температурах окружающего воздуха 20 и 30°С; для агрегатов водяного охлаждения АКФВ-4, АК-1-6, АК-1-9, которые обозначены цнфрамн 9, 10 и 11, прн температуре конденсации 30°С. Штриховымн линнями с цнфровымн обозначениями от *1 а* до *12 а* даны графики изменения потребляемой мощности N_e: для агрегатов с воздушным охлаждением конденсатора (1 ÷ 8 и 12) при температуре окружающего воздуха 30°С; для агрегатов с водяным конденсатором (9—11) при температуре конденсации 30°С.

ФАК-1,1Е и ФАК-1,5Е от температуры кипения фреона в испарителе представлены на рис. 76.

Для удобства пользования графиком слева дается холодопроизводительность в киловаттах, а справа в килокалориях в час.

Представленные графики могут быть использованы для подбора агрегатов при расчете рабочей холодопроизводительности.

§ 3. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ С АГРЕГАТАМИ ТИПА Ф

Холодильные агрегаты типа Ф (рис. 77) применяются в в машинах ИФ-49 с водяным охлаждением и ИФ-56 с воздушным охлаждением конденсатора, служащих для охлаждения стационарных и сборных холодильных камер. Холодопроизводительность обеих машин при стандартном режиме 3,5 кВт (3000 ккал/ч). Они могут работать в диапазоне температур кипения от 5 до —25° С при температуре окружающего воздуха не выше 40° С для ИФ-56 и при температуре конденсации не выше 50° С для ИФ-49.

Схема холодильной машины ИФ-56 представлена на рис. 78. Техническая характеристика машин ИФ-49 и ИФ-56 приведена в табл. 18. Машина состоит из агрегата марки Ф, комплекта испарителей и приборов автоматики.

Агрегат Ф-00А машины ИФ-49 состоит из непрямоточного компрессора ФВ-4, кожухозмеевикового конденсатора, электродвигателя, реле давления и водорегулирующего вентиля. Все узлы агрегата собраны на общей площадке, приваренной к корпусу конденсатора, который служит основанием агрегата. У корпуса конденсатора имеются четыре приварные лапы с круглыми полыми снизу опорами, предназначенными для размещения резиновых амортизаторов.

Агрегат 4Ф-00 машины ИФ-56 состоит из того же компрессора ФВ-4, воздушного конденсатора, электродвигателя с вентилятором и реле давления, собранными на ресивере с двумя поперечными уголками, служащими опорами для крепления агрегата с помощью болтов и резиновых амортизаторов. На ресивере имеется специальный вентиль, применяемый для выпуска воздуха.

На конденсаторе агрегата Ф-00А и на ресивере агрегата 4Ф-00 имеется специальная пробка с отверстием, зали-

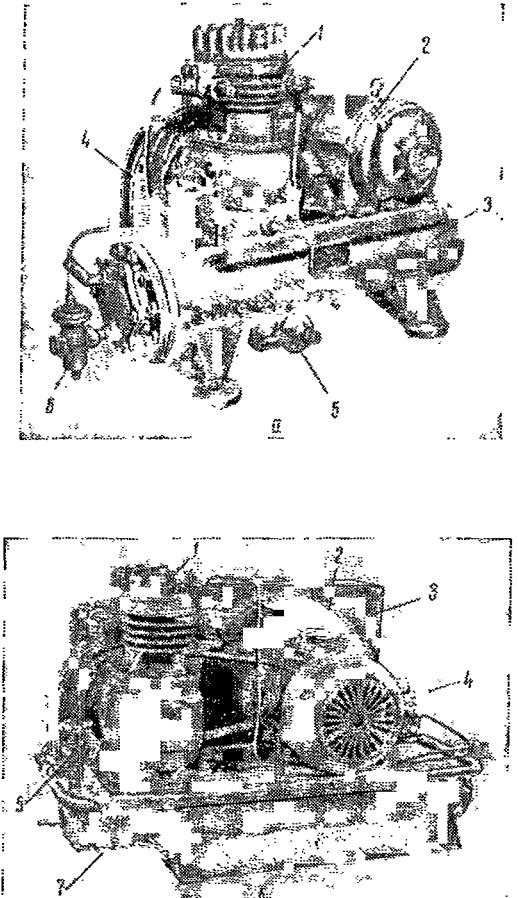


Рис. 77. Холодильные агрегаты типа Ф:
а — агрегат ИФ-49; *б* — агрегат ИФ-56: *1* — компрессор; *2* — электродвигатель; *3* — конденсатор; *4* — реле давления; *5* — жидкостный запорный вентиль; *6* — водорегулирующий вентиль; *7* — ресивер.

тым сплавом Вуда, расплавляющимся при температуре 70° С. Назначение этой пробки — выпуск фреона из системы в случае возникновения пожара.

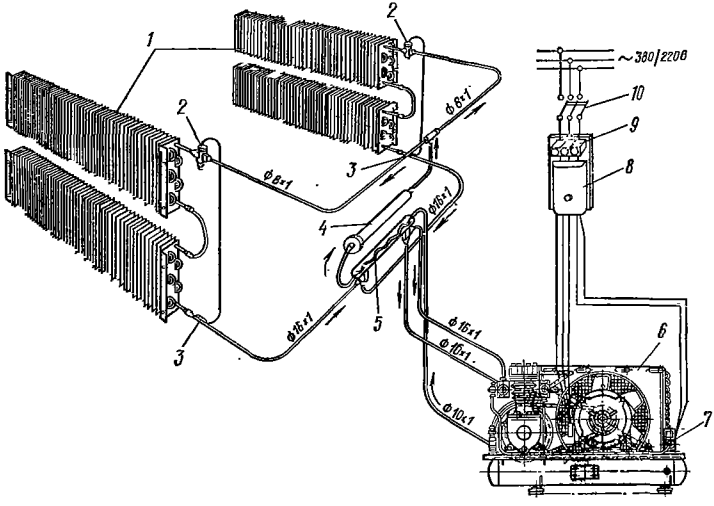


Рис. 78. Принципиальная схема холодильной машины ИФ-56:
1 — испарительная батарея; *2* — терморегулирующий вентиль; *3* — чувствительный патрон; *4* — фильтр-осушитель; *5* — теплообменник; *6* — компрессорно-конденсаторный агрегат; *7* — реле давления; *8* — магнитный пускатель; *9* — плавкие предохранители; *10* — рубильник.

§ 4. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ С АГРЕГАТАМИ ТИПА АК

Холодильные машины (рис. 79) состоят из агрегата типа АК, ребристотрубных настенных испарителей типа ИРСН-12,5, теплообменника, фильтра-осушителя, приборов автоматики и щита управления. К агрегатам типа АК относятся АКФВ-4М, АКФВ-4Х и АКФВ-6. Холодильные машины с агрегатами АКФВ-4М и АКФВ-6 применяются для охлаждения одной — двух холодильных камер, а агрегат АКФВ-4Х — в кондиционере «Харьков».

Указанные агрегаты работают на фреоне-12 в диапазоне температур кипения 5÷—25° С, при температурах конденсации до 50° С и условии, что разность между давлениями конденсации и кипения не превышает $12 \cdot 10^5$ Па, а отношение этих давлений не более 9 ($\frac{p_к}{p_0} \leqslant 9$) Принци-

Таблица 18

Показатели	ИФ-49	ИФ-56
Агрегат	Ф-00А (АК-2ФВ-6/3)	4Ф-00
Холодопроизводительность, ст.ккал/ч	3000	3000
Зарядка, кг		
фреон-12	10	10
масло ХВ-12-18	3	3
Масса с фреоном и маслом, кг	183	198
Габариты, мм	1070×405×720	926×670×600
Максимальный расход охлаждающей воды, м³/ч	1,0	—
Компрессор	ФВ-4	ФВ-4
Число цилиндров	2	2
Диаметр цилиндров, мм	67,5	67,5
Ход поршня, мм	50	50
Частота вращения, об/мин	650	650
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	13,8	13,8
Диаметр маховика, мм	248	248
Резьба на тройниках вентилей	М12×1,25	М12×1,25
Конденсатор	Ф-12 (КТР-3)	4Ф-12
Тип	Кожухозмеевиковый с водяным охлаждением	Ребристотрубный с воздушным охлаждением
Поверхность охлаждения, м²	3,0	14,0
Емкость по фреону, л	18	4,5
Вспомогательные аппараты		
Ресивер (емкость, л)	—	11
Фильтр-осушитель	Ф-23	Ф-23
Теплообменник	4Ф-14	4Ф 14
Электродвигатель	А 42-4	АОЛ 2-31-4
Род тока	Переменный, трехфазный, частота 50 Гц	
Напряжение, В	220/380	220/380
Мощность, кВт	2,2 (2,8)	2,2
Диаметр шкива, мм	118	118
Клиновые ремни	А-1275	А-1275
Количество ремней	3	3
Приборы автоматики		
Магнитный пускатель	П-222	П-222
Водорегулирующий вентиль	ВР-15	—
Реле давления	РД-3-01	РД-3-01
Терморегулирующий вентиль	ТРВ-2М (2 шт.)	ТРВ-2М (2 шт.)

Продолжение

Показатели	ИФ-49	ИФ-56
Испаритель		
Тип	ИРСН-10 Ребристотрубный,	ИРСН-10 настенный
Поверхность охлаждения, м²	10	10
Количество испарителей	4	4
Соединительный трубопровод		
Газовый		
диаметр, мм	16×1	16×1
длина, м	12	12
Жидкостный		
диаметр, мм	10×1, 8×1	10×1, 8×1
длина, м	6 2	6 2

пиальная схема холодильной машины представлена на рис. 80. Машина работает автоматически, охлаждая две камеры (если охлаждается одна камера, то все четыре испарителя и два терморегулирующих вентиля находятся в одной камере) (рис. 81). В каждой камере имеется терморегулирующий вентиль, который регулирует заполнение фреоном двух последовательно соединенных испарительных батарей. Батареи соединены по схеме сухого испарителя, обеспечивающей возврат масла и возможность автоматического регулирования заданного перегрева паров на выходе из второй батареи. Машина работает циклично: автоматический пуск и остановка электродвигателя компрессора осуществляются с помощью реле давления. Прессостат регулятора давления выключает электродвигатель при достижении заданного нижнего предела давления в испарителе и включает при достижении верхнего заданного предела. Давление включения и отключения подбирается в зависимости от требуемых температур в охлаждаемых камерах. Маноконтроллер регулятора давления выключает электродвигатель компрессора при чрезмерно высоком давлении конденсации. Водорегулирующий вентиль автоматически поддерживает заданное давление конденсации при работе холодильной машины путем изменения расхода



Рис. 79. Холодильные агрегаты АК:
а — агрегат АКФВ-4М; *б* — агрегат АКФВ-6: *1* — компрессор; *2* — электродвигатель; *3* — конденсатор; *4* — реле давления; *5* — жидкостный запорный вентиль; *6* — водорегулирующий вентиль.

охлаждающей воды и прекращает подачу воды после отключения холодильной машины и конденсации паров фреона до установленного регулировкой прибора давления.

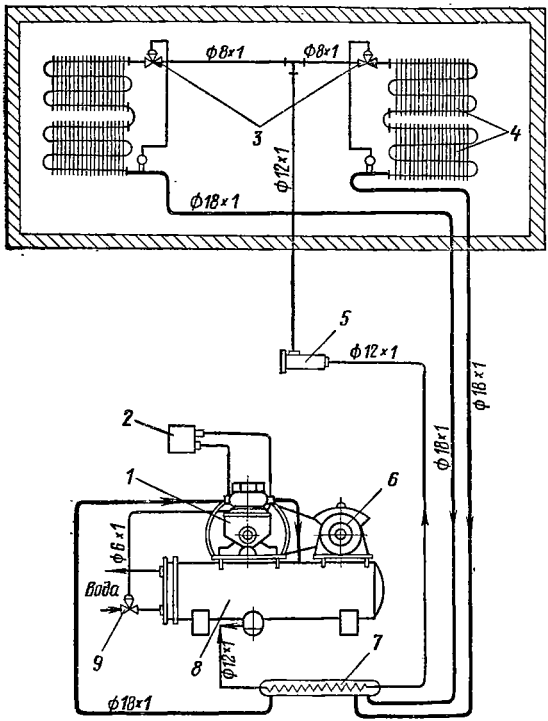


Рис. 80. Принципиальная схема холодильной машины с агрегатом АКФВ-4М, работающей на одну камеру:

1 — компрессор; *2* — реле давления; *3* — терморегулирующий вентиль; *4* — испарительная батарея; *5* — фильтр-осушитель; *6* — электродвигатель; *7* — теплообменник, *8* — конденсатор; *9* — водорегулирующий вентиль.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты АКФВ-4М и АКФВ-6 состоят из компрессора ФВ-6 и электродвигателя, соединенных между собой клиноременной передачей, кожухотрубного конденсатора, реле давления и водорегулирующего вентиля. Все узлы агрегата смонтированы на конденсаторе, служащем основанием агрегата.

На конденсаторе, как и в ИФ-49, имеется плавкая пробка.

Техническая характеристика холодильных машин с агрегатами АК приведена в табл. 19.

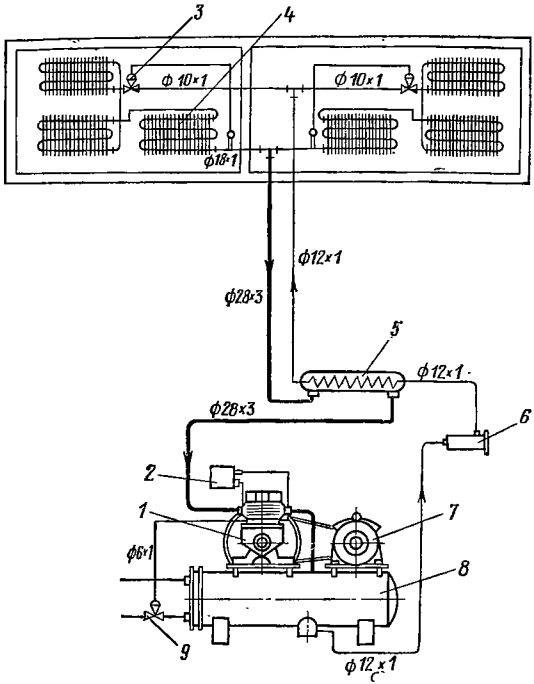


Рис. 81. Принципиальная схема холодильной машины с агрегатом АКФВ-6, работающей на две камеры:

1 — компрессор; *2* — реле давления; *3* — терморегулирующий вентиль; *4* — испарительная батарея; *5* — теплообменник; *6* — фильтр-осушитель; *7* — электродвигатель; *8* — конденсатор; *9* — водорегулирующий вентиль.

§ 5. ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ С БЕССАЛЬНИКОВЫМИ КОМПРЕССОРАМИ

К холодильным машинам с бессальниковыми компрессорами относятся ХМВ1-6 (ХМВ-ФВБС-6), ХМ1-6 (ХМ-ФВБС-6), ХМВ1-9 (ХМВ-ФУБС-9), ХМ1-9 (ХМ-ФУБС-9), ХМВТ1-12 (ХМВ-ФУБС-12) (рис. 82). Буква В в марке машины указывает на воздушное охлаждение конденсатора, для водяного конденсатора буква не ставится. Цифра 1 указывает на бессальниковое исполнение комп-

Таблица 19

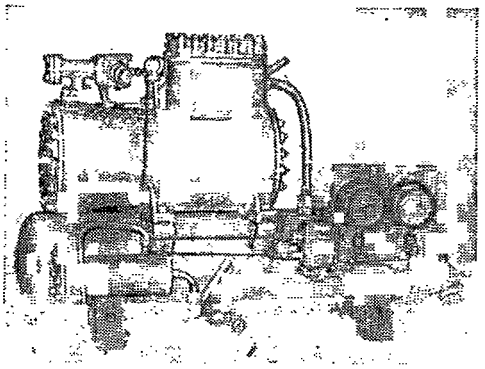
Показатели	ХМФВ-4М	ХМФВ-4Х	ХМФВ-6
Агрегат	АКФВ-4М	АКФВ-4Х	АКФВ-6
Холодопроизводительность, ккал/ч			
стандартная	4600	—	6000
в плюсовом режиме	9700	6000	14500
Зарядка, кг			
фреоном-12*	15	15	28
маслом ХФ-12-18	3,2	3,2	3,2
Масса с маслом, кг	185	200	210
Габариты, мм	1200×430×700	818×480×742	1160×435×755
Максимальный расход охлаждающей воды, $м^3/ч$	1,2	1,2	1,6
Компрессор	ФВ-6	ФВ-6	ФВ-6
Число цилиндров	2	2	2
Диаметр цилиндров, мм	67,5	67,5	67,5
Ход поршня, мм	50	50	50
Частота вращения вала, об/мин	960	960	1440
Объем, описываемый поршнями, $м^3/ч$	20,7	20,7	31,0
Резьба на тройнике вентилей	М12×1,25	М12×1,25	М12×1,25
Конденсатор	КТР-4М	КТР-4Х	$КТР_2$-3
Тип	Горизонтальный, кожухотрубный, водяного охлаждения		
Поверхность охлаждения, $м^2$	2,0	1,95	2,7
Емкость по фреону, л	20	20	34
Вспомогательные аппараты			
Фильтр-осушитель	ОФФ-10А	ОФФ-10	ОФФ-10а (угловой)

* Фреон-12 поставляется отдельно в баллонах.

Продолжение

Показатели	ХМФВ-4М	ХМФВ-4Х	ХМФВ-6
Теплообменник	ТФ-20М	ТФ-20МХ	$ТФ_2$-25
Электродвигатель	АОЛ 2-32-4	АШ 42-4	АОЛ 2-32-4
Род тока	Переменный, трехфазный, частота 50 Гц		
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380
Мощность, кВт	2,2	2,8	3,4
Диаметр шкива, мм	188	188	140
Клиновые ремни	Б-1400	Б-1400	Б-1400
Количество ремней	2	2	2
Приборы автоматики			
Щит управления	—	—	ЩУ ФВ-6
Магнитный пускатель	ПМЕ-222	ПМЕ-222	ПМЕ-222**
Автоматический выключатель	АП50-3МТ	АП50-3МТ	АП50-3МТ**
Водорегулирующий вентиль	ВР-15	ВР-15	ВР-15
Реле давления	РД-3-01	РД-3-01	РД-3-01
Терморегулирующий вентиль	ТРВ-2М (2 шт.)	ТРВ-2М (2 шт.)	ТРВ-2М (2 шт.)
Испаритель	ИРСН-12,5	Водоохладитель	ИРСН-12,5
Количество испарителей, шт.	4	1	6
Соединительный трубопровод			
Газовый			
диаметр, мм	18×1	—	28×2; 18×1
длина, м	12	—	1,5; 15
Жидкостный			
диаметр, мм	12×1 и 8×1	—	12×1 и 10×1
длина, м	9 и 1,5	—	15 и 3

** Входят в комплект щита управления.



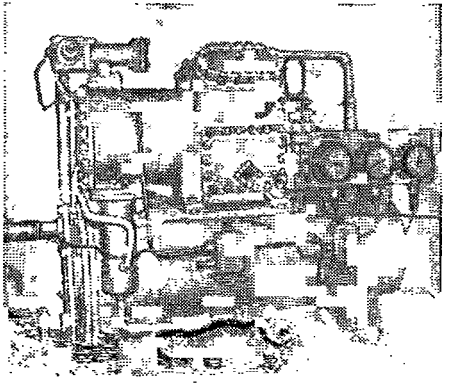
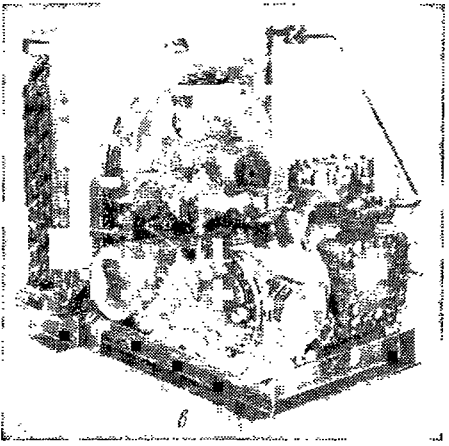
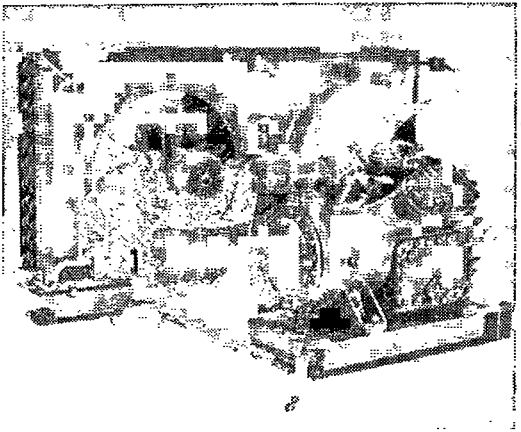


Рис. 82. Холодильные агрегаты с
а — агрегат АК1-6; *б* — агрегат АК1-9;



б



в

бессальниковыми компрессорами:
б — агрегат АКВ1-6; *в* — агрегат АКВ1-9.

рессора (до введения нового ГОСТа ставили индекс БС). Последняя цифра указывает холодопроизводительность (в тыс. ккал/ч) при стандартном режиме (t_0=—15° С, $t_к$ = =30° С). Эти машины предназначены для непосредственного охлаждения стационарных продовольственных камер на предприятиях торговли и общественного питания.

Компрессоры этих машин могут работать на фреонах-12, 22 и 142 при отношении давления нагнетания к давлению всасывания не более 9 ($\frac{p_к}{p_0} \leqslant 9$) и, при разности давления конденсации и кипения не более $12 \cdot 10^5$ Па ($p_к - p_0 \leqslant 12$). При работе на фреоне-12 они работают в диапазоне температур кипения 5÷—25° С при температуре конденсации 40° С.

Схема холодильных машин ХМВ1-6 и ХМ1-6 (рис. 83) рассчитана на охлаждение трех разнотемпературных камер площадью 30—40 м² с применением 12 испарительных батарей (по 4 шт. в каждой камере). Схема машин ХМВ1-9 и ХМ1-9 с 20 испарительными батареями (рис. 84) рассчитана на охлаждение 4 разнотемпературных камер площадью 45—60 м².

В камерах поддерживается требуемая температура, так как в каждой камере установлен терморегулятор. При достижении заданной температуры он отключает соленоидный вентиль, через который подается фреон в две из четырех батарей камеры и таким образом отключаются две батареи. Аналогично отключается часть батарей и в других камерах, где достигается заданная температура. При достижении заданной температуры в последней камере отключается компрессор и перекрываются все соленоидные вентили, в том числе и соленоидный вентиль общей подачи фреона в испарительные батареи.

Преимущество указанной фреоновой схемы заключается в том, что при достижении заданной температуры, например в трех из четырех камер, холодильный агрегат продолжает работать с нормальным рабочим давлением всасывания, охлаждая четвертую камеру и поддерживая низкую температуру в ранее охлажденных камерах. В этом случае холодильная машина работает в благоприятном режиме и исключается работа при пониженном рабочем давлении. Холодильная машина включается при повышении температуры до верхнего заданного предела в любой из камер. При включении машина охлаждает указанную камеру

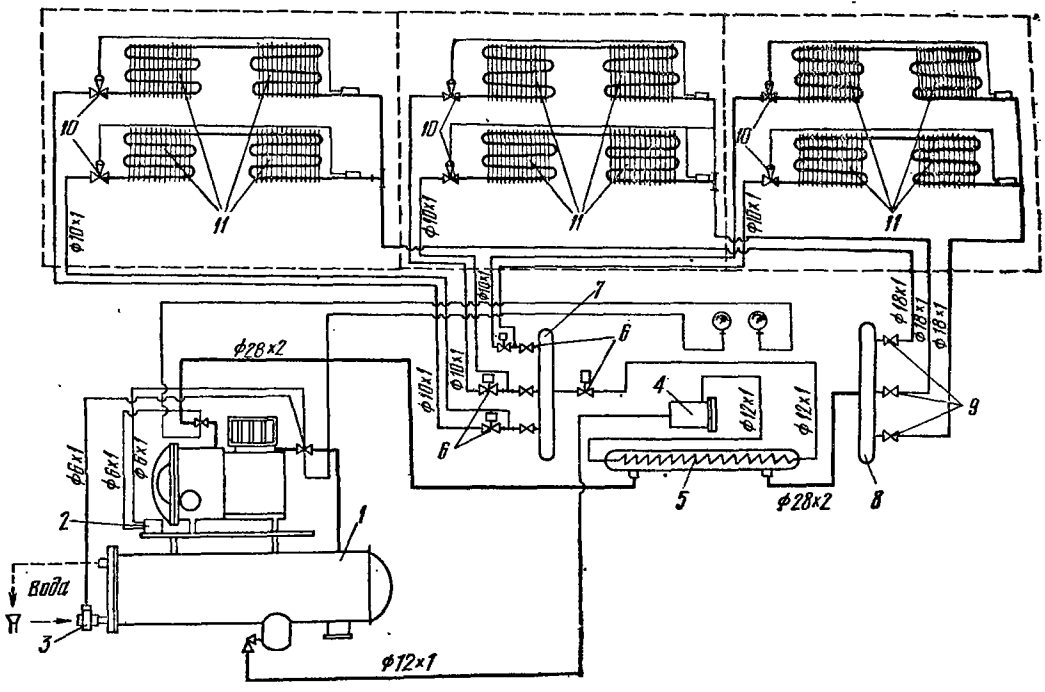


Рис. 83. Принципиальная схема холодильной машины ХМ1-6 на три камеры:

1 — холодильный агрегат АК1-6; *2* — реле давления; *3* — водорегулирующий вентиль; *4* — фильтр-осушитель; *5* — теплообменник; *6* — соленоидный вентиль; *7* — коллектор жидкостный; *8* — коллектор всасывающий; *9* — запорный вентиль; *10* — терморегулирующий вентиль; *11* — испаритель.

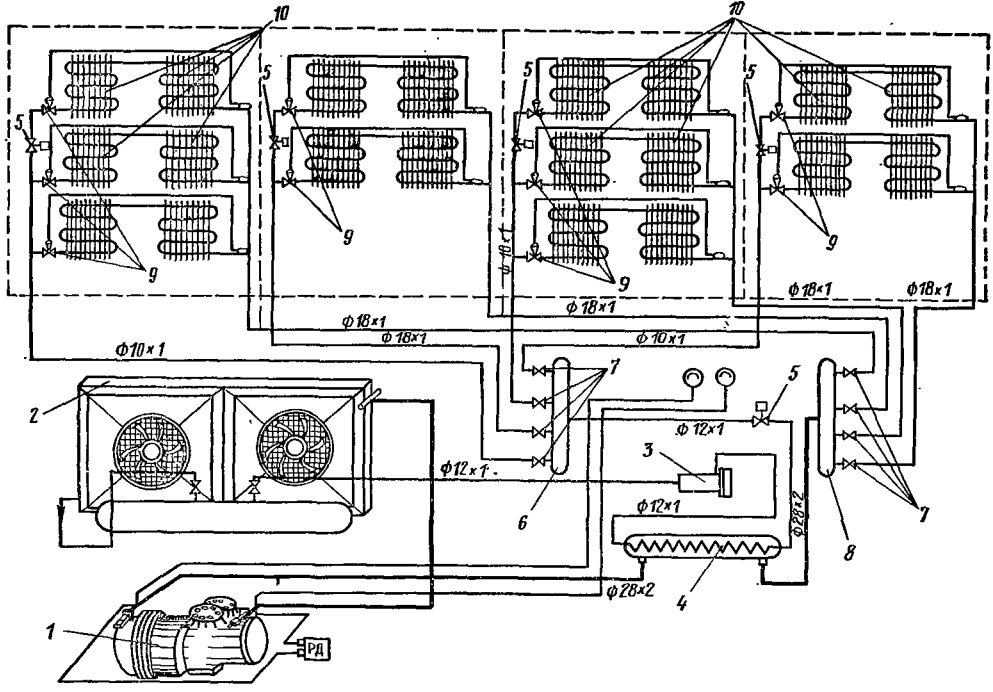


Рис. 84. Принципиальная схема холодильной машины ХМВ1-9 на четыре камеры:

1 — компрессор ФУБС-9; *2* — конденсатор с ресивером; *3* — фильтр-осушитель; *4* — теплообменник; *5* — соленоидный вентиль; *6* — коллектор жидкостный; *7* — запорный вентиль; *8* — коллектор всасывающий; *9* — терморегулирующий вентиль; *10* — испаритель.

всеми смонтированными в этой камере батареями, а остальные камеры охлаждаются только частью батарей, т. е. это охлаждение позволяет поддерживать температуру в других камерах.

Схемой холодильной машины предусмотрены средства защиты. При чрезмерно высоком давлении нагнетания или чрезмерно низком давлении всасывания размыкаются контакты реле давления и холодильная машина отключается, при этом выключаются все соленоидные вентили, а на арматурном щите сигнализации загорается красная сигнальная лампа («неисправно»). Электрической схемой предусмотрено включение машины механиком после устранения неисправности.

В электрической схеме имеется также защита от токов перегрузки и короткого замыкания.

Фреоновые схемы холодильных машин, работающих на три-четыре камеры, аналогичны. Если в одной из камер необходимо поддерживать температуру на 7—8°С выше, чем в самой холодной, то на всасывающем трубопроводе из теплой камеры устанавливается автоматический регулятор давления «до себя» типа АДД-20. С помощью АДД-20 в испарительных батареях наиболее теплой камеры поддерживается более высокое давление кипения и соответственно более высокая температура кипения фреона в испарителях. В автоматическом регуляторе АДД-20 давление паров фреона снижается до величины, которая поддерживается в батареях остальных камер на всасывающем трубопроводе компрессора.

Холодильный агрегат с бессальниковым компрессором АКВ1-6 состоит из бессальникового компрессора ФВБС-6 со встроенным электродвигателем АПВ2-41-4Ф, змеевикового ребристотрубного конденсатора воздушного охлаждения, вентиляторного электродвигателя с шестилопастным вентилятором, горизонтального ресивера с визуальным указателем уровня жидкого фреона и реле давления РД-3-01. Все узлы смонтированы на стальной сварной раме, в которой имеется четыре отверстия и резиновые амортизаторы для крепления к фундаменту.

В агрегатах АКВ1-9 и АКВ1-12 в отличие от агрегатов АКВ1-6 применяются У-образные бессальниковые компрессоры. Для охлаждения конденсатора установлены два диффузора с осевыми вентиляторами и двумя малогабаритными асинхронными трехфазными электродвигателями

АОЛ2-11-4. Рама агрегатов крепится к фундаменту шестью болтами на резиновых амортизаторах.

Агрегаты с водяным охлаждением АК1-6 и АК1-9 состоят из бессальникового компрессора соответственно ФВБС-6 и ФУБС-9, кожухотрубного конденсатора водяного охлаждения, реле давления и водорегулирующего вентиля. Компрессор и приборы крепятся на кожухе конденсатора. Агрегат прикреплен к фундаменту четырьмя болтами на резиновых амортизаторах. Техническая характеристика холодильных машин с бессальниковыми компрессорами представлена в табл. 20.

§ 6. АГРЕГАТЫ ВС, ВН И ВП С ГЕРМЕТИЧНЫМИ КОМПРЕССОРАМИ

Для торгового холодильного оборудования со встроенной холодильной машиной применяют герметичные фреоновые холодильные агрегаты (рис. 85). В этих агрегатах компрессор и электродвигатель жестко закреплены на кронштейнах внутри стального кожуха, состоящего из двух штампованных половин, соединенных сваркой.

Герметичные агрегаты имеют ряд преимуществ перед открытыми агрегатами той же производительности: меньшая масса, меньшие габариты и расход электроэнергии, они менее шумны и более надежны в эксплуатации. В настоящее время серийно выпускаются герметичные агрегаты с поршневым компрессором типа ВС, ВН и ВП и герметичные агрегаты с ротационным компрессором типа ВСр.

Среднетемпературные агрегаты типа ВС применяют в торговом холодильном оборудовании, в котором температура кипения фреона-12 поддерживается в пределах —10 ÷ ÷—25° С, а температура окружающего воздуха 5—40° С.

Агрегат типа ВС состоит из герметичного компрессора со всасывающим вентилем, ребристотрубного конденсатора с диффузором, ресивера с запорным жидкостным вентилем, фильтра-осушителя, вентилятора с электродвигателем и трубопроводов, соединяющих компрессор, конденсатор, ресивер и фильтр-осушитель, смонтированных на стальной штампованной плите. В комплект агрегата входит щит электрооборудования, состоящий из автоматического предохранителя АП 50-3МТ и магнитного пускателя.

Таблица 20

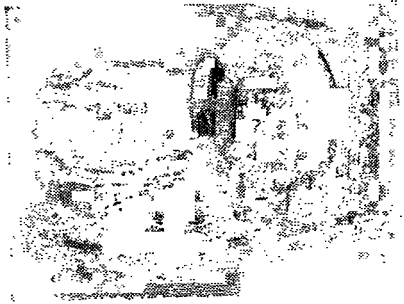
Показатели	ХМВ1-6	ХМ1-6	ХМВ1-9	ХМ1-9	ХМВТ1-12
Агрегат	АКВ1-6	АК1-6	АКВ1-9	АК1-9	АКВТ1-12
Холодопроизводительность, ст.ккал/ч	6000	6000	9000	9000	12000
Зарядка, кг					
фреон-12	36	36	40	40	80
масло ХФ-12-18					
в компрессор	2,5	2,5	2,5	2,5	6,5
в систему	2,5	2,5	2,5	2,5	1,5
Максимальный расход охлаждающей воды, м³/ч	—	1,6	—	2,4	—
Масса (с маслом), кг	256		416		445
Габариты, мм	940×872×900	1250×370×747	1630×1055×840		1665×1140×880
Компрессор	ФВБС-6	ФВБС-6	ФУБС-9	ФУБС-9	ФУБС-12
Тип	Вертикальный, бессальниковый		У-образный, бессальниковый		
Число цилиндров	2	2	4	4	4
Диаметр цилиндров, мм	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5
Ход поршня, мм	50	50	50	50	50
Частота вращения вала, об/мин	1440	1440	960	960	1440
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	31	31	41,2	41,2	62
Электродвигатель (встроенный)	АПВ2-41-4Ф		АПВ2-51-6Ф		АПВ2-51-4Ф
Частота вращения ротора, об/мин	1440	1440	960	960	1440
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Мощность, кВт	3,1	3,1	5,0	5,0	6,5

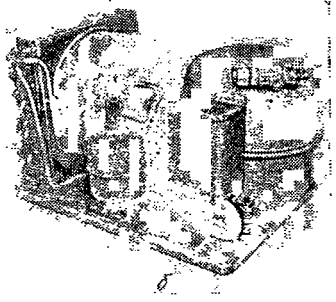
Продолжение

Показатели	ХМВ1-6	ХМ1-6	ХМВ1-9	ХМ1-9	ХМВТ1-12
Конденсатор	КВ-30	АК1-6-010	КВ-45	АК1-9-010	КВ-60
Тип	Воздушного охлаждения	Водяного охлаждения, кожухотрубный	Воздушного охлаждения	Водяного охлаждения, кожухотрубный	Воздушного охлаждения
Поверхность охлаждения, м²	30	2,5	45	4,0	60
Вентилятор конденсатора	Серия МЦ	—	Серия МЦ	—	Серия МЦ
диаметр колеса, мм	500	—	500	—	500
количество лопастей	6	—	6	—	6
Электродвигатель вентилятора	АОЛ 2-11-4	—	АОЛ 2-11-4	—	АОЛ 2-11-4
мощность, кВт	0,6	—	0,6	—	0,6
напряжение, В	220/380	—	220/380	—	220/380
Вспомогательные аппараты					
Ресивер	РГ-0,02	—	РГ-0,02	—	РЛ-0,02
емкость, л	23	—	23	—	23
Фильтр-осушитель	ОФФ-10а	ОФФ-10а	ОФФ-15	ОФФ-15	ОФФ-25
Теплообменник	$ТФ_2$-25	$ТФ_2$-25	$ТФ_2$-25	$ТФ_2$-25	$ТФ_2$-25
Испаритель	ИРСН-12,5	ИРСН-12,5	ИРСН-12,5	ИРСН-12,5	Воздухоохладители
Количество, шт.	12	12	20	20	12
Щит управления	ЩУ-ФВБС-6	ЩУ-2-6	ЩУ-ФВБС-9	ЩУ-2-9	ЩУ-ФУБС-12
Масса, кг	50	50	50	50	50

Продолжение

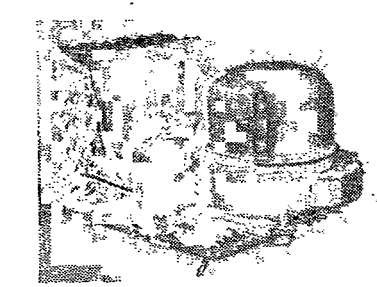
Показатели	ХМВ1-6	ХМ1-6	ХМВ1-9	ХМ1-9	ХМВТ1-12
Щит сигнализации	—	—	ЩС-ФВБС-9	ЩС-2-9	ЩС-ФУБС-12
Масса, кг	—	—	4	4	4
Приборы автоматики					
Реле давления	РД-3-01	РД-3-01	РД-3-01	РД-3-01	РД-3-01
Водорегулирующий вентиль .	—	ВР-15	—	—	—
Соленоидный вентиль для воды	—	—	—	СВМ-25	—
Терморегулирующий вентиль	ТРВ-2М, 6 шт.	ТРВ-2М, 6 шт.	ТРВ-2М, 10шт.	ТРВ-2М, 10 шт.	ТРВ-4М, 6 шт.
Соленоидный вентиль для фреона	СВМ-10, 4 шт.	СВМ-10, 4 шт.	СВМ-10, 5 шт.	СВМ-10, 5 шт.	СВМ-10, 5 шт.
Термореле дистанционное . . .	ТРД-3, 3 шт.	ТРД-3, 3 шт.	ТРД-3, 4 шт.	ТРД-3, 4 шт.	ТРД-3, 4 шт.











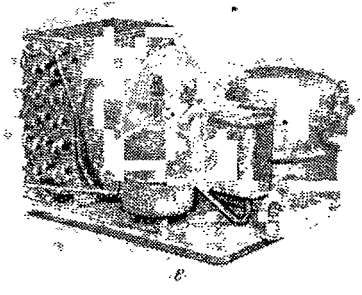


Рис. 85. Герметические фреоновые агрегаты:
а—ВСр-0,35 ~ 1А; *б* — ВС-0,45~3; *в* — ВС-0,55~3; *г* — ВС-0,7~3; *д* — ВС-1,1~3; *е* — ВП-1,1~3;

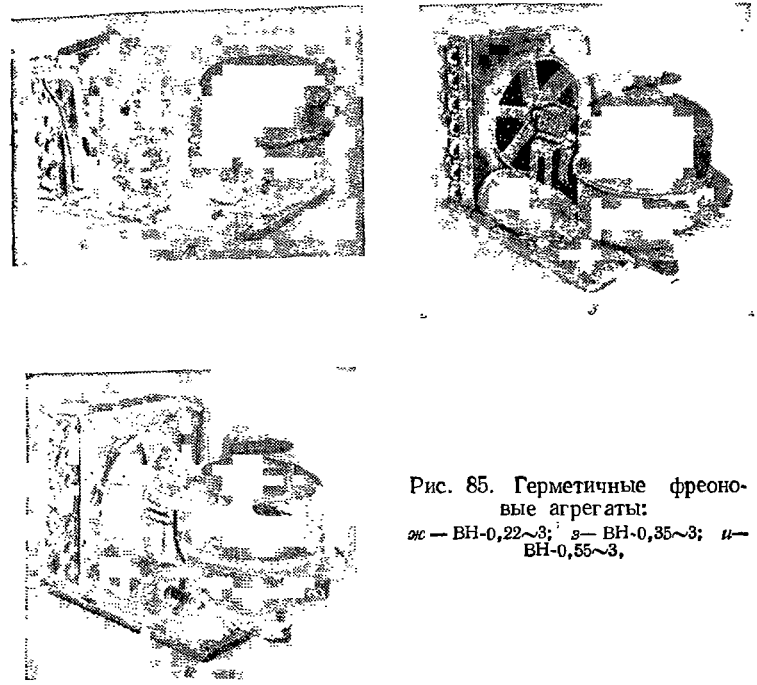


Рис. 85. Герметичные фреоновые агрегаты:
ж — ВН-0,22~3; *з* — ВН-0,35~3; *и* — ВН-0,55~3,

Низкотемпературные агрегаты типа ВН предназначены для низкотемпературного оборудования, работающего при температуре окружающего воздуха 5—40° С и температуре кипения фреона-22 в испарителе —40÷—25° С.

Агрегаты плюсовые типа ВП предназначены для оборудования, работающего при температуре окружающего воздуха 5—40° С и температуре кипения фреона в испарителе —10÷+10° С. Допускается температура окружающего воздуха до 45°С (влажные тропики) и до 55° С (сухой климат).

Значения холодопроизводительности Q_0 и потребляемой мощности N_e в зависимости от температуры кипения t_0 и температуры окружающего воздуха $t_в$ даны на рис. 76.

Техническая характеристика агрегатов ВС и ВН приведена в табл. 21.

Герметичные агрегаты с ротационным компрессором применяются в торговом холодильном оборудовании, ра-

Показатели	ВС-0,45 ~ 3	ВС-0,55 ~ 3	ВС-0,7 ~ 3
Агрегат			
Холодопроизводительность, ккал/ч			
стандартная . . .	450	550	700
при низкотемпературном режиме	—	—	—
Зарядка, кг			
фреон-12	1,4	1,4	2,0
фреон-22	—	—	—
масло ХФ-12-18 .	2,4	2,4	2,7
Масса с фреоном и маслом, кг	43	49	52,5
Габариты, мм	540×365×310	595×365×310	625×380×355
Компрессор	ФГ-0,45 ~ 3	ФГ-0,55 ~ 3	ФГ-0,7 ~ 3
Число цилиндров . .	1	1	2
Диаметр цилиндра, мм	36	36	36
Ход поршня, мм . .	22	27	18
Частота вращения вала, об/мин	1445	1445	1420
Объем, описываемый поршнями, м³/ч .	1,91	2,48	3,16
Резьба на тройнике вентиля	М12 × 1 под трубку		
Электродвигатель (встроенный) . . .	ДГХ-0,254	ДГХ-0,35	ДГХ-0,35
ток	Переменный, трехфазный,		
напряжение, В	380/220	380/220	380/220
мощность, кВт .	0,25	0,35	0,35
Конденсатор			
Тип	Ребристотрубный воздуш		
Поверхность охлаждения, м²	1,9	2,85	3,3
Вентилятор	Трехлопастный		Четырех
Диаметр крыльчатки, мм	250	290	290
производительность, м³/ч . .	664	928	928
электродвигатель вентилятора .	АВ 041-4	АВ 041-4	АВ 042-4
мощность, Вт .	18	18	30
напряжение, В .	380/220	380/220	380/220
Емкость ресивера, л	0,9	0,9	1,4
Щит электрооборудования	Щ10	Щ10	Щ10
Магнитный пускатель	П-61	П-61	П-61
Автоматический выключатель	АП50-3МТ	АП50-3МТ	АП50-3МТ

Таблица 21

ВС-1,1 ~ 3	ВС-2,8 ~ 3	ВН-0,35 ~ 3	ВН-0,55 ~ 3
1100	2800		
—	—	350	350
2,8	10,0	—	—
—	—	1,3	1,6
2,7	3,5	2,7	2,7
67,5	150	53	62
675×385×355	910×650×580	570×423×410	570×423×410
ФГ-1,1 ~ 3	ФГ-2,8 ~ 3	ФГН-0,35 ~ 3	ФГН-0,55 ~ 3
2	2	2	2
36	50	36	36
27	35	18	27
1445	1440	1440	1440
4,14	11,9	3,16	4,75
диаметром 6 × 1			
ДГХ-0,55	ДГХ-1,4	ДГХ-0,35	ДГХ-0,55
частота 50 Гц			
380/220	380/220	380/220	380/220
0,55	1,4	0,35	0,55
ного охлаждения			
5,5	13,7	2,54	3,8
лопастный		Шестилопастный	
290	400	260	260
840	2310	—	—
АВ 042-4	АОЛ 21-4	АВ 041-4	АВ 041-4
30	270	18	18
380/220	380/220	380/220	380/220
2,2	11,4	1,4	1,4
Щ10	ЩУ1	Щ10	Щ10
П-61	П-211	П-61	П-61
АП50-3МТ	АП50-3МТ	АП50-3МТ	АП50-3МТ

ботающем в среднетемпературном (ВСр) и плюсовом (ВПр) режимах при температуре окружающего воздуха 5—40° С.

Агрегат состоит из герметичного ротационного компрессора со встроенным однофазным электродвигателем, пускозащитным реле и всасывающим вентилем на кожухе, ребристотрубного конденсатора с диффузором, ресивера с запорным жидкостным вентилем, фильтра-осушителя, вентилятора с однофазным конденсаторным электродвигателем и трубопроводов, соединяющих компрессор, конденсатор, ресивер и фильтр-осушитель, смонтированных на стальной штампованной плите. Ротационные герметичные агрегаты, предназначенные для работы в холодильных машинах с капиллярной трубкой, выпускаются без ресивера и без вентилей.

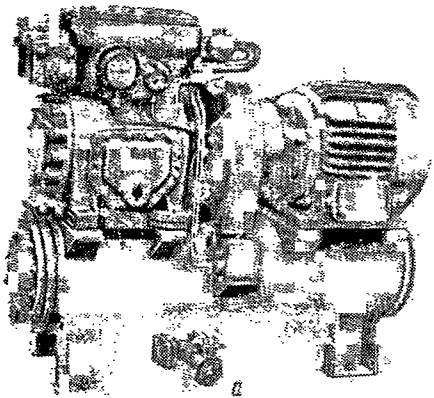
Техническая характеристика агрегатов ВСр и ВПр приведена в табл. 22.

Частоту вращения в герметичных агрегатах можно определить по обозначению марки агрегата: цифра 2 в марке агрегата, стоящая в скобках после указания рода электрического тока, обозначает синхронную скорость работы двигателя, т. е. 3000 об/мин при частоте тока 50 Гц. Марка агрегата ВСр-0,451 ~1(2) обозначает: ВСр — герметичный среднетемпературный агрегат с ротационным компрессором (в поршневых герметичных агрегатах буква «р» отсутствует); 0,45 — производительность 450 ккал/ч при стандартном режиме; ~1(2) — переменный однофазный ток и синхронное вращение ротора электродвигателя. Если после указания рода тока цифр 2 отсутствует, то скорость вращения ротора 1500 об/мин.

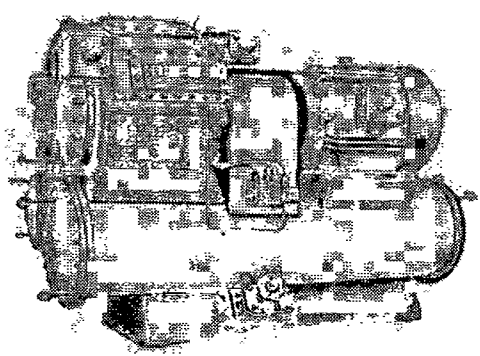
§ 7. ФРЕОНОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ СРЕДНЕЙ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

К холодильным машинам средней холодопроизводительности относятся машины (рис. 86) производительностью от 10 тыс. до 90 тыс. ккал/ч (при стандартном режиме) следующих марок: ХМ-ФВ-20/I и ХМ-ФВ-20/II, ХМ-ФУ-40/I, ХМ-ФУ-40/II, ХМ-ФУУ-80/I и ХМ-ФУУ-80/II, ХМ-22-ФВ-22/I, ХМ-22-ФВ-22/II, ХМ-22-ФУ-45/I, ХМ-22-ФУ-45/II, ХМ-22-ФУУ-90/I и ХМ-22-ФУУ-90/II. У всех указанных машин имеются две модификации: I — с частотой вращения коленчатого вала

компрессора 1440 об/мин, и II — с частотой вращения 960 — об/мин. Эти машины предназначены для охлаждения одной — трех стационарных камер с непосредственным или рассольным охлаждением, а также для систем кондиционирования воздуха.



а



б

Рис. 86. Фреоновые агрегаты средней холодопроизводительности:
а — АКФВ-20, *б* — АК ФУУ-80.

Таблица 22

Показатели	ВСр-0,35~1А	ВСр-0,35~1(2)	ВСр-0,28~1(2)	ВПр-0,7~1А
Агрегат				
Холодопроизводительность, ккал/ч				
стандартная	350	350	280	—
в плюсовом режиме	—	—	—	700
Зарядка, кг				
фреон-12	0,5	0,5	0,5	0,5
масло ХФ-12-18	1,0	1,0	1,0	1,0
Масса, кг	34	24,7	23,8	36,8
Габариты, мм	490×365×310	440×354×306	440×350×265	520×370×310
Компрессор	ФГр 0,35~1А	ФГр 0,35~1(2)	ФГр 0,28~1(2)	ФГр 07~1А
Диаметр цилиндра. мм	53	48	48	53
Высота цилиндра, мм	33	20	16,5	33
Диаметр ротора, мм	46	42	42	46
Эксцентриситет, мм	3,5	3,0	3,0	3,5
Объемная часовая производительность, $м^3$/ч	1,45	1,47	1,21	1,45
Электродвигатель (встроенный)	ДГ-0,2М	ДГ-2-0,20	ДГ-0,18	ДГ-0,25
Тип	Однофазный переменного тока с рабочей и пусковой обмотками			
Мощность, кВт	0,2	0,2	0,18	0,25

Продолжение

Показатели	ВСр-0,35~1А	ВСр-0,35~1(2)	ВСр-0,28 ~ 1(2)	ВПр-0,7 ~ 1А
Напряжение, В	220	220	220	220
Частота вращения, об/мин	1500	3000	3000	1500
Сопротивление обмотки при 20°С, *ом*				
рабочей	4,9—5,0	5,4—5,8	7,0—7,4	4,9—5,0
пусковой	28,0	26,6—26,9	28,5—29,0	28,0
Конденсатор				
Тип	Ребристотрубный с воздушным охлаждением			
Поверхность охлаждения, м²	1,49	1,49	1,49	2,23
Вентилятор	Малошумный, трехлопастной			
Диаметр крыльчатки, мм	250	250	250	250
Электродвигатель вентилятора	АВЕ-0,42-4	АВЕ-0,42-4	АВЕ-0,42-4	АВЕ-0,42-4
мощность, Вт	18	18	18	18
Пускозащитное реле	РТК-1-6	РТК-2-3	РТК-2-2	РТК-1-6
Номинальный ток, А	2,3	1,7	1,5	2,2
Ток включения, А	6,5	6,2	5,4	6,5
Ток отпадания пускового реле, А	5,5	5,0	4,6	5,5
Время срабатывания защитного реле при токе 10А, с	10—20	12—20	12—20	10—20
Двухполюсная вилка с заземляющим контактом	ВШ 20-0-10/250 (ГОСТ 11292—65)			

Машины ХМ-ФВ-20, ХМ-ФУ-40 и ХМ-ФУУ-80 работают на фреоне-12, а ХМ-22-ФВ-22, ХМ-22-ФУ-45 и ХМ-22-ФУУ-90 как на фреоне-12, так и на фреоне-22 при температурах кипения —40÷5° С, с температурой охлаждающей воды 1—30° С при условии, что разность давлений конденсации и кипения не превышает $12 \cdot 10^5$ Па($p_к - p_0$), а отношение $\frac{p_к}{p_0} \leqslant 9$.

Техническая характеристика указанных машин представлена в табл. 23, 24.

Основная поставка (для рассольной системы охлаждения) состоит из компрессорно-конденсаторного и испарительно-регулирующего агрегатов, щита управления и щита сигнализации.

Компрессорно-конденсаторный агрегат включает компрессор, муфту, электродвигатель, конденсатор и приборы автоматической защиты и контроля (реле давления на сторонах нагнетания и всасывания компрессора, реле контроля смазки, два мановакуумметра, монтируемые на раме, реле температуры, поставляемое отдельно и монтируемое при монтаже на рассольной системе). Электродвигатель и компрессор соединены между собой муфтой с упругим элементом.

Конденсаторы агрегатов горизонтальные, кожухотрубные, с гладкими бесшовными стальными теплообменными трубами диаметром 25×2,5 мм, только в агрегатах АКФВ-20, АКФУ-40 и АКФУУ-80 трубки медные ребристые диаметром 20×30 мм.

Конденсатор снабжен предохранительным клапаном, указателем уровня агента, вентилем для подсоединения трубки от манометра и вентилем для спуска воздуха. Крышки конденсаторов могут поставляться как для проточного, так и для оборотного водоснабжения. В результате вода последовательно протекает по секциям теплообменных труб, совершая от 8 до 18 ходов при работе конденсатора на проточной воде и 4—8 ходов при работе на оборотной воде.

Агрегаты работают в автоматическом режиме при падении напряжения в сети не более чем на 10% от номинального. Производительность машины регулируется пуском и остановками электродвигателя компрессора.

Испарительно-регулирующий агрегат состоит из испарителя, теплообменника и автоматической регулирующей

Таблица 23

Показатели	ХМ-ФВ-20—II	ХМ-ФВ-20—I	ХМ-ФУ-40—II	ХМ-ФУ-40—I	ХМ-ФУУ-80—II	ХМ-ФУУ-80—I
Холодильная машина						
Холодопроизводительность, ст. ккал/ч	15000	20000	31000	41000	62000	82000
Расход воды, м³/ч	6,0	8,5	12,0	16,7	24,0	33,0
Зарядка, кг						
фреон-12	55	100	140	160	315	350
масло ХФ-12-18	10	10	20	20	30	30
Масса (сухая), кг	1020	1160	1816	2019	2770	3300
Компрессорно-конденсаторный агрегат	АКФВ-20	АКФВ-20	АКФУ-40	АКФУ-40	АКФУУ-80	АКФУУ-80
Масса сухая, кг	640	670	980	1060	1515	1734
Габариты, мм						
длина	1370	1370	1685	1800	1953	1998
ширина	570	620	665	665	905	955
высота	1085	1085	1213	1282	1295	1410
Компрессор	ФВ-20	ФВ-20	ФУ-40	ФУ-40	ФУ-80	ФУ-80
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	960	1440	960	1440	960	1440
Количество цилиндров	2	2	4	4	8	8
Диаметр цилиндров, мм	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
Ход поршня, мм	70	70	70	70	70	70
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	65	98	130,5	195,5	261	398
Электродвигатель	АОП2-61-6	АОП2-61-4	АОП2-72-6	АОП2-72-4	АОП2-82-6	АОП2-82-4
Мощность, кВт	10	13	22	30	40	55

Продолжение

Показатели	ХМ-ФВ-20-II	ХМ-ФВ-20-I	ХМ-ФУ-40-II	ХМ-ФУ-40-I	ХМ-ФУУ-80-II	ХМ-ФУУ-80-I
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Частота вращения, об/мин	960	1440	960	1440	960	1460
Конденсатор	КТР-9 / КТРО-9	КТР-12 / КТРО-12А	КТР-18Б / КТРО-18А	КТР-25Б / КТРО-25А	КТР-35Б / КТРО-35А	КТР-50Б / КТРО-50А
Тип	Кожухотрубный, ребристый					
Наружная поверхность теплообмена, м²	9	12	17	24	34,4	48,3
Число ходов воды*	8 / 4	8 / 4	8 / 4	8 / 4	6 / 4	6 / 4
Количество труб	55	74	83	119	145	203
Расход охлаждающей воды, м³/ч*	3—9 / 6—18	4—11 / 8—22	6—14 / 12—28	8—20 / 16—40	10—30 / 20—50	15—40 / 30—60
Соленоидный вентиль	СВМ-40	СВМ-40	СВМ-40	СВМ-40	СВМ-50	СВМ-50
Испарительно-регулирующий агрегат	АИР-32А	АИР-50А	АИР-65Б	АИР-100В	АИР-130А	АИР-200В
Масса, кг	380	485	836	960	1255	1570

* Цифры в числителе указаны для проточной, в знаменателе — для оборотной воды.

Продолжение

Показатели	ХМ-ФВ-20-II	ХМ-ФВ-20-I	ХМ-ФУ-40-II	ХМ-ФУ-40-I	ХМ-ФУУ-80-II	ХМ-ФУУ-80-I
Габариты, мм						
длина	1450	1935	1700	1980	2250	2610
ширина	530	700	995	1190	1030	1300
высота	1000	1050	1580	1630	1980	1980
Испаритель	ИТР-12А	ИТР-18А	ИТР-25Б	ИТР-35Б	ИТР-50А	ИТР-70Б
Тип	Горизонтальный, кожухотрубный, ребристый					
Наружная теплообменная поверхность, $м^2$	12	18	24	34,4	48,3	69
Число ходов теплоносителя	6	6	6	6	4	4
Количество труб	74	86	119	145	203	249
Длина трубы, мм	1200	1500	1500	1750	1750	2000
Расход теплоносителя (в зависимости от режима работы), $м^3/ч$	4—14	6—22	7—27	12—45	14—55	20—80
Ресивер	РЛФ-0,06А		РЛФ-0,09А		РЛФ-0,18Б	
Емкость, л	60		90		180	
Теплообменник	ТФ11-50А	ТФ1-50А	ТФ-70Г		ТФ-8011	ТФ-80 1А
наружная поверхность теплообменника, $м^2$	0,5		1,34		2,3	

Продолжение

Показатели	ХМ-ФВ-20-II	ХМ-ФВ-20-I	ХМ-ФУ-40-II	ХМ-ФУ-40-I	ХМ-ФУУ-80-II	ХМ-ФУУ-80-I
Регулирующая станция	ФРС-25М	ФРС-25М	ФРС-40	ФРС-40	ФРС-50	ФРС-50
Фильтр-осушитель	ОФФ-20А	ОФФ-20А	ОФФ-32Б	ОФФ-32Б	ОФФ-40Б	ОФФ-40Б
Фильтр	—	—	—	—	УФФ-100А	УФФ-100А
Реле температуры	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х
Терморегулирующий вентиль	ТРВ-40	ТРВ-40	ТРВ-100	ТРВ-100	ТРВ-100 (2 шт.)	ТРВ-100 (2 шт.)
Соленоидный вентиль	СВМ-25	СВМ-25	СВМ-25	СВМ-25	СВМ-40	СВМ-40
Реле контроля смазки	—	—	—	—	РКС-1	РКС-1
Теплообменник	ТФП-50А	ТФП-50А	ТФ-70Г	ТФ-70Г	ТФ-801А	ТФ-80П
тип	Змеевиковый		Змеевиковый		Змеевиковый	
наружная поверхность охлаждения, м^2	0,5	0,5	1,34	1,34	2,3	2,3
Щит управления						
Однокамерный	ЩУФВ-20Г	ЩУФВ-20Г	—	—	—	—
Многокамерный	—	—	ШИЕ 5800-13А 2А (2Б)		ШИЕ 5800-23А 2А (2Б)	
Масса, кг	21,5	21,5	110		110	
Щит сигнализации	ЩСФВ-20Г	ЩСФВ-20Г	ШИЕ 8400-00А2		ШИЕ 8400-00А2	

Таблица 24

Показатели	ХМ-ФВ$_1$-22/II	ХМ-ФВ$_1$-22/I	ХМ-ФУ$_1$-45/II	ХМ-ФУ$_1$-45/I	ХМ-ФУУ$_1$-90/II	ХМ-ФУУ$_1$-90/I
Холодильная машина						
Холодопроизводительность, ст. ккал/ч						
на фреоне-12	9500	14500	19000	29000	38000	58000
на фреоне-22	16000	23000	32000	46000	64000	92000
Потребляемая мощность (эффективная), кВт	5,6	8,3	11,2	16,6	22,4	33,3
Максимальный расход*, м^3/ч						
охлаждающей воды	5/10	7/14	10/20	14/28	20/40	28/56
рассола	10	10	20	20	45	45
Зарядка, кг						
фреон-22	160—190	180—240	240—260	360—420	500—600	550—700
масло ХФ-22-24	19	24	26	42	60	70
Масса (сухая), кг	1376	1475	1960	2410	3475	4153
Компрессорно-конденсаторный агрегат	АК-ФВ$_1$-22/II	АК-ФВ$_1$-22/I	АК-ФУ$_1$-45/II	АК-ФУ$_1$-45/I	АК-ФУУ$_1$-90/II	АК-ФУУ$_1$-90/I
Масса, кг	792	829	1040	1235	2035	2300
Габариты, мм						
длина	1460	1700	1900	1850	2215	2330
ширина	725	725	710	750	550	730
высота	1350	1330	1260	1380	1550	1570
Компрессор	22ФВ-22	22ФВ-22	22ФУ-45	22ФУ-45	22ФУУ-90	22ФУУ-90
Частота вращения вала, об/мин	960	1440	960	1440	960	1440
Количество цилиндров	2		4		8	

Продолжение

Показатели	ХМ-ФВ$_1$-22/II	ХМ-ФВ$_1$-22/I	ХМ-ФУ$_1$-45/II	ХМ-ФУ$_1$-45/I	ХМ-ФУУ$_1$-90/II	ХМ-ФУУ$_1$-90/I
Диаметр цилиндров, мм	81,88		81,88		81,88	
Ход поршня, мм	70		70		70	
Объем, описываемый поршнями, м^3/ч	42,5	64	85	128	170	256
Количество заливаемого масла, кг	5	5	5	5	10	10
Электродвигатель	АОП2-61-6	АОП2-61-4	АОП2-72-6	АОП2-72-4	АОП2-82-6	АОП2-82-4
Мощность, кВт	10	13	22	30	40	55
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Частота вращения, об/мин	960	1440	970	1450	980	1470
Масса, кг	135	134	230	235	405	415
Конденсатор	КТГ$_1$5 / КТГО$_1$5	КТГ 7 / КТГО 7	КТГ$_1$10 / КТГО$_1$10	КТГ 14 / КТГО 14	КТГ 20 / КТГО 20	КТГ 28 / КТГО 28
Тип	Кожухотрубный, ребристый					
Внутренняя поверхность теплообмена, м^2	4,72	6,65	9,4	14,05	19,3	26,5
Число ходов воды*	12 / 8	12 / 8	12 / 8	12 / 8	10 / 6	10 / 6
Количество труб	66	73	94	140	158	225
Расход охлаждающей воды,* м^3/ч	2,5—5 / 5—10	3,5—7 / 7—14	5—10 / 10—20	7—14 / 14—28	10—20 / 20—40	14—28 / 28—56

* Цифры в числителе указаны для проточной, в знаменателе — для оборотной воды.

Продолжение

Показатели	ХМ-ФВ$_1$-22/II	ХМ-ФВ$_1$-22/I	ХМ-ФУ$_1$-45/II	ХМ-ФУ$_1$-45/I	ХМ-ФУУ$_1$-90/II	ХМ-ФУУ$_1$-90/I
Соленоидный вентиль	СВМ-40	СВМ-40	СВМ-40	СВМ-40	СВМ-50	СВМ-50
Масса, кг	450	474	509	685	1215	1460
Испарительно-регулирующий агрегат	АИР-30	АИР-45	АИР-60	АИР-90	АИР-120	АИР-180
Масса, кг	583	646	920	1175	1440	1853
Габариты, мм						
длина	1700	1840	2170	2170	2940	2685
ширина	435	435	630	790	810	840
высота	1180	1180	1385	1475	1600	1600
Испаритель	ИТГ-7	ИТГ$_1$-10	ИТГ-14	ИТГ-20	ИТГ-28	ИТГ-40
Тип	Горизонтальный, кожухотрубный, ребристый					
Внутренняя теплообменная поверхность, м^2	6,5	9,4	14,06	19,3	26	36
Число ходов теплоносителя	12	12	12	12	10	8
Количество труб	73	94	140	201	225	260
Расход теплоносителя (в зависимости от режима работы), м^3/ч	5—10	7—14	8—15	15—20	16—30	30—45
Масса, кг	484	527	650	900	1140	1500
Фильтр	ОФФ$_2$-25	ОФФ$_2$-25	ОФФ$_2$-25	ОФФ$_2$-25	ОФФ$_1$-32	ОФФ$_1$-32

Продолжение

Показатели	ХМ-ФВ$_1$-22/II	ХМ-ФВ$_1$-22/I	ХМ-ФУ$_1$-45/II	ХМ-ФУ$_1$-45/I	ХМ-ФУУ$_1$-90/II	ХМ-ФУУ$_1$-90/I
Приборы автоматики регулирующей станции						
Полупроводниковый терморегулятор дифференциальный	ПТРД-2	ПТРД-2	ПТРД-2	ПТРД-2	ПТРД-2	ПТРД-2
Соленоидный вентиль . . .	СВМ-25	СВМ-25	СВМ-25	СВМ-25	СВМ-40	СВМ-40
Реле температуры	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х	ТР-1-02Х
Термометр сопротивления .	ТСП50-62	ТСП50-62	ТСП50-62	ТСП50-62	ТСП50-62	ТСП50-62
Реле контроля смазки . .	—	—	—	—	РКС-1	РКС-1
Щит управления						
Однокамерный	ЩУ-АВ22	ЩУ-АВ22	ЩУ-АУ-45	ЩУ-АУ-45	ЩУ-АУУ-90	ЩУ-АУУ-90
Многокамерный	ЩУ-АВ22М	ЩУ-АВ22М	ЩУ-АУ-45М	ЩУ-АУ-45М	ЩУ-АУУ-90М	ЩУ-АУУ-90М
Масса, кг	43	43	43	43	66	66
Щит сигнализации	ЩС-ФВ20	ЩС-ФВ20	ЩС-ФВ20	ЩС-ФВ20	ЩС-ФВ20	ЩС-ФВ20

станции. Испаритель горизонтальный, кожухотрубный, многоходовой, с гладкими цельнотянутыми стальными трубами диаметром 25×2,5 мм, развальцованными в трубных решетках. Для аварийного выпуска фреона на испарителе предусмотрен предохранительный клапан.

Теплообменник состоит из нескольких змеевиков, помещенных в стальную цилиндрическую обечайку.

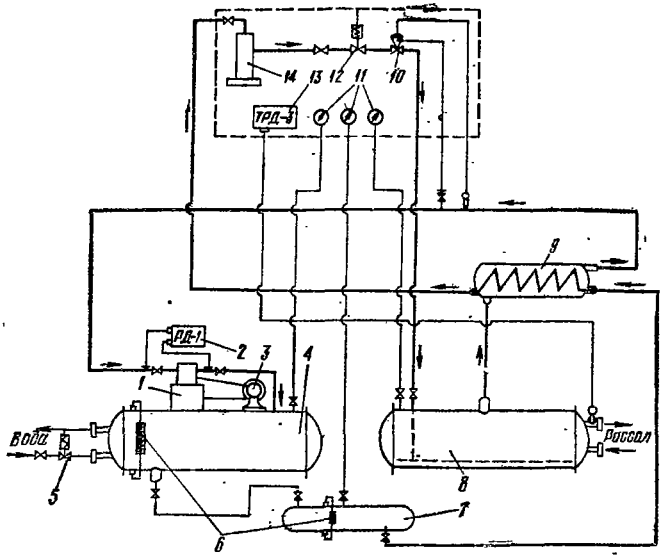


Рис. 87. Принципиальная схема фреоновой холодильной машины ХМФВ-20 с рассольной системой охлаждения:

1 — компрессор; *2* — реле давления; *3* — электродвигатель; *4* — конденсатор; *5*, *12* — соленоидные вентили; *6* — указатель уровня; *7* — ресивер; *8* — испаритель; *9* — теплообменник; *10* — терморегулирующий вентиль; *11* — мановакуумметр; *13* — дистанционный терморегулятор; *14* — фильтр-осушитель.

На испарителе смонтирована автоматическая регулирующая станция, в которой комплектно размещены приборы двухпозиционной системы питания испарителя по перегреву (полупроводниковый дифференциальный терморегулятор, соленоидный вентиль, термометры сопротивления, терморегулирующий вентиль с внешним уравниванием), фильтр-осушитель, реле температуры, манометр и мановакуумметр, запорная арматура, а также вентиль для заполнения системы агентом.

Принципиальная схема фреоновой холодильной машины с рассольной системой охлаждения представлена на рис. 87.

Жидкий фреон из ресивера *7* проходит, охлаждаясь в теплообменнике *9*, через фильтр *14*, соленоидный вентиль *12* дросселируется в терморегулирующем вентиле *10* и заполняет межтрубное пространство кожухотрубного испарителя *8*. Отбирая тепло от рассола, циркулирующего по трубкам испарителя, фреон кипит в межтрубном пространстве. Пары фреона из сухопарника испарителя отсасываются компрессором *1* через теплообменник *9*. Сжатые компрессором пары нагнетаются в межтрубное пространство конденсатора *4*. Пары фреона, отдавая тепло воде, протекающей по трубкам конденсатора, охлаждаются и конденсируются. Жидкий фреон из конденсатора поступает в ресивер *7*.

Уровень жидкого фреона в конденсаторе и ресивере контролируется по указателю уровня *6*. Давление конденсации и кипения контролируется мановакуумметрами *11*, смонтированными на регулирующей станции. Чувствительный патрон дистанционного терморегулятора *13* устанавливается в выходном рассольном патрубке испарителя. При понижении температуры рассола, выходящего из испарителя, до установленного нижнего предела терморегулятор выключает электродвигатель *3* компрессора и одновременно отключает соленоидные вентили *12* и *5*, прекращая подачу жидкого фреона в испаритель и подачу охлаждающей воды в конденсатор. При повышении температуры рассола до верхнего заданного предела терморегулятор включает электродвигатель компрессора и одновременно соленоидные вентили *12* и *5*.

Электрической схемой предусматривается включение в работу электродвигателя компрессора только при работающем рассольном насосе, обеспечивающем циркуляцию рассола через испаритель. При достижении заданной температуры в охлаждаемых камерах последний из камерных терморегуляторов отключает рассольный насос и вместе с ним отключается компрессор. Работа компрессора при отсутствии циркуляции рассола приводит к быстрому охлаждению и замерзанию рассола в испарителе, что вызывает механический разрыв трубок и выход из строя холодильной машины.

Для защиты холодильной машины от чрезмерно высо-

кого давления в конденсаторе и чрезмерно низкого давления в испарителе реле давления *2*. В случае срабатывания реле давления выключаются рассольный насос, компрессор, все соленоидные вентили, загорается красная сигнальная лампа «неисправно» на щите управления и звонит электрический звонок на щите сигнализации. Холодильную машину включает в работу механик после устранения причины аварии. Во фреоновых холодильных машинах ХМ-ФУУ-80, ХМ-22-ФУУ-90, а также аммиачных ХМ-АУУ-90 применяется прибор реле контроля смазки (РКС), защищающий компрессор от работы при нарушении системы смазки. РКС срабатывает при уменьшении разности давлений масла в масляной системе после и до масляного насоса менее $0{,}8 \cdot 10^5$ Па. В этом случае также происходит аварийное отключение холодильной машины.

§ 8. АММИАЧНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ СРЕДНЕЙ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

К аммиачным холодильным машинам средней холодопроизводительности относятся автоматизированные холодильные машины ХМ-АВ-22/I, ХМ-АВ-22/II, ХМ-АУ-45/I, ХМ-АУ-45/II, ХМ-АУУ-90/I и ХМ-АУУ-90/II.

Указанные машины применяются для рассольного и непосредственного охлаждения стационарных камер. Они могут работать в режиме температур кипения 0÷—30° С при температуре охлаждающей воды 1—30° С. Допустимая разность давлений нагнетания и всасывания, как и у фреоновых машин, не более 12 кгс/см^2, а отношение этих давлений не более 9. При этих режимах работы температура промежуточного хладоносителя (рассола) может быть до —25° С.

Холодильные машины состоят из компрессорно-конденсаторного и испарительно-регулирующих агрегатов, щитов управления и сигнализации.

Компрессорно-конденсаторный агрегат включает в себя компрессор, соединительную муфту, электродвигатель, конденсатор, маслоотделитель, приборы автоматической защиты и контроля. Компрессорно-конденсаторные агрегаты устанавливаются как на специальных фундаментах, так и непосредственно на междуэтажных перекрытиях, рассчитанных на соответствующую массу оборудования.

Конденсаторы — горизонтальные, кожухотрубные многоходовые с гладкими бесшовными стальными теплообменными трубками диаметром 25×2,5 мм, развальцованными в решетках. На конденсаторе имеются предохранительный клапан для выпуска аммиака при давлении $18 \cdot 10^5$Па, указатель уровня жидкого аммиака и вентили для выпуска воздуха и подсоединения манометров.

Испарительно-регулирующий агрегат состоит из испарителя и смонтированной на нем автоматической регулирующей станции.

Испаритель — горизонтальный, кожухотрубный, многоходовой с гладкими бесшовными стальными трубами диаметром 25×2,5 мм, развальцованными в трубных решетках. На испарителе установлен предохранительный клапан для аварийного выпуска аммиака при давлении $12 \cdot 10^5$ Па. Перепад давлений рассола на входе и выходе испарителя не превышает $1{,}5 \cdot 10^5$ Па.

Автоматическая регулирующая станция представляет собой металлический щит, на котором смонтированы приборы автоматики: соленоидный и терморегулирующий вентили (на машине ХМ-АУУ-90 — два терморегулирующих вентиля), реле температуры, запорная арматура, манометр и мановакуумметр, фильтр и вентиль для заполнения системы аммиаком. Техническая характеристика указанных машин представлена в табл. 25.

Схема автоматизированной аммиачной машины с непосредственным охлаждением дана на рис. 88.

Жидкий аммиак из конденсатора *4* или ресивера *5* проходит через фильтр *6*, соленоидные вентили *8*, дросселируется в терморегулирующих вентилях *12* и кипит в испарителях. После отсасывания через отделитель жидкости *11* и сжатия компрессором *1* пары аммиака нагнетаются в маслоотделитель *15*, где они освобождаются от частиц масла, и поступают в межтрубное пространство конденсатора *4*. Из отделителя жидкости аммиак стекает в дренажный ресивер (на схеме не показан).

По мере накопления масла в маслоотделителе с помощью поплавкового регулятора или вручную его перепускают в картер компрессора. Пары аммиака, отдавая тепло воде, протекающей по трубкам конденсатора, конденсируются. Охлаждающая вода также подается в маслоотделитель для охлаждения головки блока цилиндров. Давление кипения контролируется мановакуумметром *10*, а давление в конден-

Таблица 25

Показатели	ХМ-АВ-22/II	ХМ-АВ-22/I	ХМ-АУ-45/II	ХМ-АУ-45/I	ХМ-АУ-90/II	ХМ-АУУ-90/I
Холодильная машина						
Холодопроизводительность, ст. ккал/ч	15000	22500	30000	45000	60000	90000
Потребляемая мощность, кВт	5,5	8,3	11	16,5	22	33
Зарядка аммиака, кг	60—80	75—90	120—140	150—180	200—240	280—320
Максимальный расход*, м³/ч						
охлаждающей воды	5	7	10	14	20	28
рассола	10	14	20	28	40	56
Масса (сухая), кг	10	10	20	20	45	45
Компрессорно-конденсаторный агрегат	1240	1510	1730	2370	3050	3540
Масса, кг	АК-АВ-22/II	АК-АВ-22/I	АК-АУ-45/II	АК-АУ-45/I	АК-АУУ-90/II	АК-АУУ/90/I
Габариты, мм	800	874	1043	1262	1835	2030
длина	1460	1700	1825	1825	2210	2730
ширина	800	800	725	795	1090	1090
высота	1340	1215	1255	1380	1530	1530
Компрессор	АВ-22		АУ-45		АУУ-90	
Количество цилиндров	2		4		8	
Диаметр цилиндров, мм	81,88		81,88		81,88	
Ход поршня, мм	70		70		70	
Частота вращения вала, об/мин	960	1440	960	1440	960	1440

Продолжение

Показатель	ХМ-АВ-22/II	ХМ-АВ-22/I	ХМ-АУ-45/II	ХМ-АУ-45/I	ХМ-АУ-90/II	ХМ-АУУ-90/I
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	42,5	64	85	128	170	256
Диаметр всасывающего трубопровода, мм	40		50		70	
Диаметр нагнетательного трубопровода, мм	32		40		50	
Масса, кг	160		270		450	
Зарядка маслом ХА-30 или ХА-23, кг	5		5		10	
Род привода	Непосредственный					
Электродвигатель	АОП2-61-6	АОП2-64-4	АОП2-72-6	АОП2-72-4	АОП2-82-6	АОП2-82-4
Мощность, кВт	10	13	22	30	40	55
Напряжение, В	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Частота вращения, об/мин	960	1440	970	1450	980	1470
Масса, кг	115	135	230	235	405	415
Конденсатор*	КТГ-4 / КТГО-4	КТГ-6 / КТГО-6	КТГ-9 / КТГО-9	КТГ-13 / КТГО-13	КТГ-18 / КТГО-18	КТГ-26А / КТГО-26А
Внутренняя теплообменная поверхность, м²	4,72	6,65	9,4	14,05	19,3	26,5
Число ходов воды*	12 / 8	12 / 8	12 / 8	12 / 8	10 / **6**	10 / 6
Число труб	66	73	94	140	158	173

Продолжение

Показатели	ХМ-АВ-22/II	ХМ-АВ-22/I	ХМ-АУ-45/II	ХМ-АУ-45/I	ХМ-АУ-90/II	ХМ-АУУ-90/I
Расход охлаждающей воды в зависимости от режима, м³/ч*	2,5—5 / 5—10	3,5—7 / 7—14	5—10 / 10—20	7—14 / 14—28	10—20 / 20—40	14—28 / 28—56
Диаметр входного и выходного водяных патрубков, мм	50		50		70	
Масса, кг	350	430	520	685	970	1140
Маслоотделитель	МОВ-32М		МОВ-40Б		МОВ-50	
условный проход, мм	32		40		50	
масса, кг	32		37		49	
Реле давления	РДА		РДА		РДА	
Испарительно-регулирующий агрегат	ААИР-30	ААИР-45	ААИР-60	ААИР-90	ААИР-120А	ААИР-180А
Масса, кг	440	664	683	1106	1190	1460
Габариты, мм						
длина	1700	1835	1830	1885	2730	2730
ширина	490	490	560	675	725	725
высота	1235	1235	1360	1480	1510	1600
Испаритель	ИТГ-6	ИТГ-9	ИТГ-13	ИТГ-1	ИТГ-26	ИТГ-36
внутренняя теплообменная поверхность, м²	6,5	9,4	14,06	19,3	26	36
число ходов рассола	14		12		10	8
число труб	73	95	140	201	225	260

Продолжение

Показатели	ХМ-АВ-22/II	ХМ-АВ-22/I	ХМ-АУ-45/II	ХМ-АУ-45/I	ХМ-АУ-90/II	ХМ-АУУ-90/I
расход рассола в зависимости от режима, м³/ч	4,1—7,5	7,5—10,9	8—15	15—20	16—30	30—43
диаметр входного и выходного рассольных патрубков, мм	50		70	80	100	125
Масса, кг	400	589	649	1046	1135	1390
Автоматическая регулирующая станция	АРС-10	АРС-15/1	АРС-15	АРС-25	АРС-32А	АРС-32А
Масса, кг	19	29	29,3	49	60	66
Приборы автоматики АРС терморегулирующий вентиль	ТРВА-20М	ТРВА-40М	ТРВА-80М	ТРВА-80М	ТРВА-120М	
соленоидный вентиль	СВМ-10	СВМ-15	СВМ-15	СВМ-25	ТРВА-80 СВМ-25	
реле температуры	ТР-1-02-Х	—	ТР-1-02-Х		ТР-1-02-Х	
реле контроля смазки	—	—	—	—	РКС-1	
Фильтр-осушитель	ФА-10	ФА-15Б	ФА-15Б	ФА-20А	ФА-25Б	ФА-25Б
Щит управления						
Однокамерный	ЩУ-АВ-22		ЩУ-АУ-45		ЩУ-АУУ-90	
Многокамерный	ЩУ-АВ-22М		ЩУ-АУ-45М		ЩУ-АУУ-90М	
Масса, кг	43		43		66	
Щит сигнализации	ЩС-ФВ-20		ЩС-ФВ-20		ЩС-ФВ-20	

* Цифры в числителе — для проточной воды, в знаменателе — для оборотного водоснабжения.

саторе и ресивере — манометрами *9*. Уровень жидкого аммиака контролируется по указателю уровня *3*.

Автоматическое включение и отключение холодильной машины осуществляется камерными дистанционными терморегуляторами *13*. При достижении заданной температу-

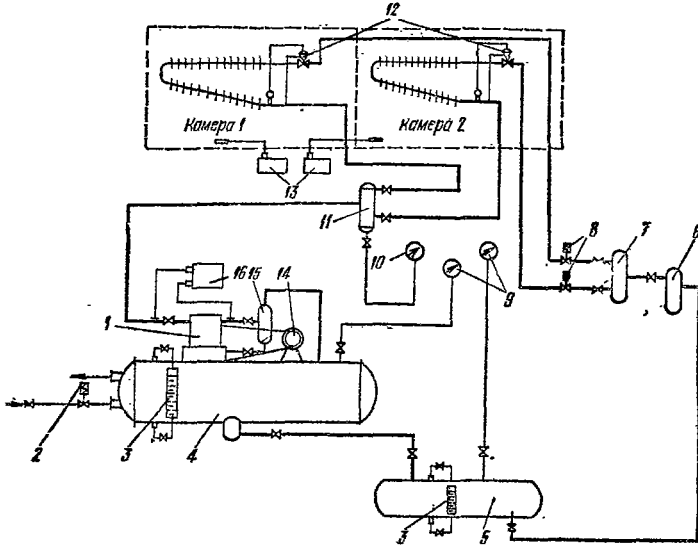


Рис. 88. Принципиальная схема аммиачной холодильной машины с непосредственным охлаждением:

1 — компрессор; *2,8* — соленоидные вентили; *3* — указатель уровня; *4* — конденсатор; *5* — ресивер; *6* — фильтр; *7* — жидкостный коллектор; *9* — манометр; *10* — мановакуумметр; *11* — отделитель жидкости; *12* — терморегулирующий вентиль с внешним уравниванием; *13* — терморегулятор дистанционный; *14* — электродвигатель; *15* — маслоотделитель; *16* — реле давления.

ры в одной из камер терморегулятор *13* отключает соленоидный вентиль и прекращается подача жидкого аммиака в эту камеру. При достижении заданной температуры во второй камере терморегулятор одновременно отключает электродвигатель компрессора и соленоидные вентили подачи аммиака в камеры и подачи охлаждающей воды в конденсатор. Автоматическое включение холодильной машины производит один из терморегуляторов при повышении температуры в одной из камер до верхнего заданного предела.

Электрической схемой предусматривается защита холодильной машины от чрезмерного высокого давления в конденсаторе и чрезмерно низкого давления на всасывании, а также защиты электродвигателя от перегрузок и токов короткого замыкания. Кроме того, в холодильных машинах ХМ-АУУ-90 применяется прибор реле контроля смазки (РКС-1), защищающий компрессор при нарушении системы смазки. При срабатывании любого прибора защиты аварийно выключается холодильная машина с включением световой и звуковой сигнализации.

§ 9. ФРЕОНОВЫЕ И АММИАЧНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ, МАШИНЫ И УСТАНОВКИ КРУПНОЙ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

К холодильным машинам крупной производительности (более 100 тыс. ккал/ч) относятся фреоновые холодильные машины марок ХМ-22-ФВ-100/1Д, ХМ-22-ФУ-200/1Д, ХМ-22-ФУ-200/2 и ХМ-22-ФУУ-400/2, применяемые для стационарных холодильных установок промышленного типа, работающих с промежуточным теплоносителем, и ХМ-ФУ-175/1, ХМ-ФУ-175/2Д, ХМ-ФУУ-350/2 и ХМ-ФУУ-350/2Д, предназначенные для стационарных холодильных установок и для охлаждения воды в установках кондиционирования воздуха, а также и аммиачные: одноступенчатые автоматизированные компрессорные агрегаты АВ-100/А, АУ-200/А (рис. 89), АУУ-400/А, АУ-300, автоматизированная холодильная установка УА-100 и одноступенчатые автоматизированные компрессорные агрегаты АВ-100/А,

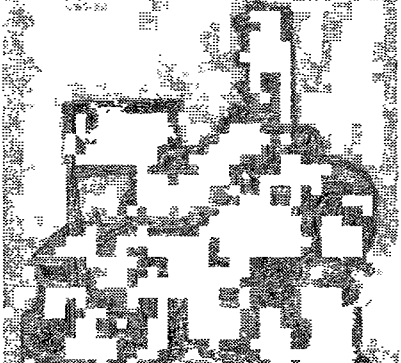


Рис. 89. Автоматизированный компрессорный агрегат АУ-200.

АУ-200/А, предназначенные для охлаждения теплоносителя в стационарных холодильниках.

Фреоновые машины ХМ-22-ФВ-100/1Д и ХМ-22-ФУ-200/1Д работают на фреоне-22 при температуре конденсации не выше 35° С и при температурах кипения —40÷—24° С первая и —40÷—36° С — вторая, используются для рассольного и непосредственного охлаждения камер.

Холодильные машины состоят из компрессора с электрооборудованием, испарительно-конденсаторного агрегата и маслоотделителя. Машины различаются только типом компрессора, диаметром всасывающего трубопровода, остальная аппаратура у них одинаковая.

Испарительно-конденсаторный агрегат представляет собой компактную конструкцию, состоящую из испарителя, конденсатора, теплообменника, фильтра, осушителя, приборов автоматического регулирования и защиты.

Испаритель и конденсатор — горизонтальные кожухотрубные аппараты с медными оребренными трубами, развальцованными в трубных решетках. Теплообменник — вертикальный стальной аппарат со змеевиком из медных оребренных труб. Маслоотделитель — вертикальный сварной аппарат с расположенными внутри слоями колец, служащими для отделения масла.

Управление холодильной машиной ручное с применением автоматического регулирования подачи жидкого фреона в испаритель и автоматической защитой от аварий. Конструкцией предусмотрена следующая автоматическая защита:

от повышения давления нагнетания — реле высокого давления и предохранительные клапаны;

от понижения давления всасывания — реле низкого давления;

от нарушения системы смазки (понижение давления масла в системе) — реле контроля смазки;

от повышения температуры нагнетания — реле температуры.

Фреоновые машины ХМ-22-ФУ-200/2 и ХМ-22-ФУУ-400/2 работают на фреоне-22 при температурах кипения —20÷5° С и используются, в основном, для систем кондиционирования воздуха. Холодильная машина состоит из компрессорного и испарительно-конденсаторного агрегатов.

Компрессорный агрегат включает в себя компрессор, электродвигатель, муфту сцепления и манометровый щит.

Конструкция испарительно-конденсаторного агрегата аналогична конструкции этого агрегата в холодильных машинах.

Конструкцией предусматривается следующая автоматика регулирования и защиты:

регулирование подачи жидкого фреона в испаритель, двухпозиционное регулирование температуры хладоносителя (включением и отключением компрессора в зависимости от температуры промежуточного хладоносителя);

защита от пониженного давления всасывания и повышенного давления нагнетания, от нарушения работы системы смазки компрессора, от повышения температуры нагнетания, от понижения температуры кипения, от влажного хода, от прекращения подачи охлаждающей воды в рубашку головки блока цилиндров (применяется только в холодильной машине ХМ-22-ФУУ-400/2).

Предусмотрена световая сигнализация и дистанционное управление работой машины. Первоначальный запуск машин с отепленного состояния осуществляется вручную.

Техническая характеристика крупных фреоновых холодильных машин представлена в табл. 26 и 27.

Аммиачные агрегаты АВ-100, АУ-200, АУ-300, АУУ-400 и установка УА-100 предназначены для охлаждения крупных стационарных холодильных камер. Работают при температурах кипения от —5 до —30° С и при температуре конденсации не выше 40° С.

Компрессорные агрегаты работают с числом оборотов в минуту коленчатого вала от 720 до 960.

Система автоматики обеспечивает автоматическое включение и отключение, контроль рабочих параметров и защиту агрегата при отклонении рабочих параметров от нормальных значений.

Техническая характеристика компрессорных агрегатов представлена в табл. 28.

Автоматизированная аммиачная установка УА-100 предназначена для охлаждения теплоносителя и работает при температурах кипения —5÷—22° С, при температуре конденсации до 40° С. Установка полностью автоматизирована: приборы автоматики обеспечивают заполнение испарителя аммиаком, включение и выключение компрессора в зависимости от температуры теплоносителя, защиту от из-

Таблица 26

Показатели	ХМ-22-ФВ-100/1Д	ХМ-22-ФУ-100/1Д	ХМ-22-ФУ-200/2	ХМ-22-ФУУ-400/2
Холодильная машина				
Холодопроизводительность, ккал/ч				
при $t_0 = -40$, $t_к = 30°C$	20000	40000	—	—
» $t_0 = 5$, $t_к = 35°C$	—	—	400000	800000
Эффективная мощность, кВт				
при $t_0 = -40$, $t_к = 30°C$	19	38	—	—
» $t_0 = 5$, $t_к = 35°C$	—	—	102	205
Зарядка, кг				
фреон-22	350	350	1000	2000
масло ХФ-22-24	40÷50	40÷50	125	230
Масса машины (сухая), кг	3625	4370	7680	12606
Компрессор	22-ФВ-100/1Д	22-ФУ-200/1Д	22-ФУ-200	22-ФУУ-40
Частота вращения, об/мин	960		960	
Количество цилиндроа	2	4	4	8
Диаметр цилиндра, мм	150		150	
Ход поршня, мм	130		130	
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	264	528	528	1056
Количество заливаемого масла ХФ-22-24, кг	20	25	25	30
Расход охлаждающей воды, м³/ч	1	2	2	4
Масса компрессора с маховиком, кг	1103	1603	1603	2553
Электродвигатель	АОП2-82-6	АОП2-92-6	А-103-6М	АО-113-6М
Мощность, кВт	40	75	160	250
Напряжение, В	220/380		380	
Масса, кг	382	620	1115	2190

Продолжение

Показатели	ХМ-22-ФВ-100/1Д	ХМ-22-ФУ-100/1Д	ХМ-22-ФУ-200/2	ХМ-22-ФУУ-400/2
Испарительно-конденсаторный агрегат	АИК-60		АИК 400/2	АИК 900/А
габариты, мм	2435×850×1800		3660×1070×2235	3750×1500×2600
масса, кг	2004		3907	7011
Испаритель	ИТР60		ИФ-200	ИФ-400
наружная поверхность теплообмена, м²	59,5		209	390
расход теплоносителя, м³/ч	25		75	150
масса, кг	1035		2414	4032
Конденсатор	КТР25М		КФ130	КФ260
наружная поверхность теплообмена, м²	28,5		от 60 до 85	от 150 до 170
расход охлаждающей воды, м³/ч	25		80	160
масса, кг	640		1172	2412
Теплообменник	ТФ-80С		—	—
наружная поверхность теплообмена, м²	5		15,2	31
масса, кг	134		—	—
Фильтр	МФ∅25		—	—
Осушитель	МОФ25		ОФ50А	ОФ70А
Маслоотделитель	ОМФ100		—	—
Щит автоматики	ЩА-2		ЩА-2	

Таблица 27

Показатели	ХМ-ФУ-175/1	ХМ-ФУ-175/2Д	ХМ-ФУУ-350/1	ХМ-ФУУ-350/2Д
Холодильная машина				
Холодопроизводительность, ккал/ч				
стандартная	180000	—	360000	—
при плюсовом режиме	—	380000	—	760000
Эффективная мощность, кВт				
при стандартном режиме	70	—	140	—
при плюсовом режиме	—	113	—	316
Зарядка, кг				
фреона-12	—	1000	—	2000
масла ХФ12-18	—	130	—	200
Масса машины (сухая), кг	—	8400	—	18585
Компрессор	ФУ-175/1	ФУ-175/2Д	ФУУ-350/1	ФУУ-350/2Д
Частота вращения вала, об/мин	960		960	
Количество цилиндров	4		8	
Диаметр цилиндра, мм	190		190	
Ход поршня, мм	130		130	
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	847		1694	
Количество заливаемого масла ХФ12—18, кг	25		30	
Расход охлаждающей воды, м³/ч	2		4	
Масса компрессора с маховиком, кг	1553		2280	2600
Электродвигатель	АОП-92-6	АО-102-6М	А-103-6М	АО-113-6М
Частота вращения ротора, об/мин	980	975	985	985
Мощность, кВт	75	125	160	250

Продолжение

Показатели	ХМ-ФУ-175/1	ХМ-ФУ-175/2Д	ХМ-ФУУ-350/1	ХМ-ФУУ-350/2Д
Напряжение, В	220/380		380	
Масса, кг	620	1260	115	2190
Габариты компрессора с приводом, мм	2290×1350××1150	2560×1350××1150	3055×1550××1260	3125×1550××1260
Испарительно-конденсаторный агрегат	АИК-300А		АИК-800А	
Габариты, мм	3750×1550×2535		3850×1860×2850	
Масса, кг	6500		11810	
Испаритель	10508		10509	
Наружная поверхность теплообмена, м²	200		400	
Расход теплоносителя, м³/ч	80		160	
Масса, кг	3121		6068	
Конденсатор				
Наружиая поверхность теплообмена, м²	135		10505	
Расход охлаждающей воды, м³/ч	60		280	
Масса, кг	2240		4461	
Теплообменник	ТФ15		ТФ35	
Наружная поверхность теплообмена, м²	13,7		33,4	
Масса, кг	298		999	
Фильтр	ФФ40	ФФ50	ФФ80	
Осушители	ОФ40Ц	ОФ50Ц	ОФ70Ц	
Фильтр-маслоотделитель	—	—	ОМФ200	

Таблица 28

Показатели	АВ-100/А	АУ-200/А	АУУ-400/А	АУ-300/1
Агрегат				
Холодопроизводительность, ст. ккал/ч	100000	200000	400000	300000
Эффективная мощность, при стандартном режиме, кВт	33	66	133	100
Масса, кг	2200	2850	—	—
Габариты, мм	2280×995×1690	2300×1350×1875	—	—
Компрессор	АВ-100/1Д	АУ-200/1Д	АУУ-400/1	АУ-300/1
Число оборотов вала в минуту	960	960	960	720
Количество цилиндров	2	4	8	4
Диаметр цилиндра, мм	150	150	150	200
Ход поршня, мм	130	130	130	150
Объем, описываемый поршнями, м³/ч	264	528	1056	816
Количество заливаемого масла ХА-30 или ХА-23, кг	20	25	30	35
Расход масла, кг/ч	0,1	0,2	0,38	0,2
Расход охлаждающей воды, м³/ч	1	2	4	2
Масса (с маховиком и деталями привода), кг	1105	1603	2400	2390
Электродвигатель	АОП2-91-6	АОП2-92-6	А-103-6М	АО-103-8М
Мощность, кВт	55	75	160	125
Напряжение, В	220/380	220/380	380	220/380
Число оборотов ротора в минуту	980	980	985	735
Масса, кг	520	620	1115	1135

быточного давления нагнетания и низкого давления всасывания, защиту от нарушения системы смазки и подачи охлаждающей воды, защиту от токов перегрузки и короткого замыкания.

Техническая характеристика установки УА-100

Холодопроизводительность при температуре кипения —15°С и температуре конденсации +30 С, ккал/ч	95000
Эффективная мощность при температуре кипения —15°С и температуре конденсации 30°С, кВт.	33
Зарядка, кг	
аммиак	400
масло	20
Масса установки (сухая), кг	6800
Компрессорный агрегат	АВ-100/А
Масса, кг	2200
Испарительно-конденсаторный агрегат	ИКА-100
Испаритель	50АИ
внутренняя поверхность теплообмена, м²	50
расход теплоносителя, м³/ч	35—40
сопротивление, 10^5Па	0,7
масса, кг	2155
Конденсатор	32АК
внутренняя поверхность теплообмена, м²	32
расход охлаждающей воды, м³	25—30
сопротивление, 10^5Па	1,4
масса, кг	1470
Маслосборник	150СМ
Маслоотделитель	50АОМ
Отделитель жидкости	70АОЖ
Щиты приборов	ЩП-1 и ЩП-2
Фильтр	25Ф
Насос	3К-9
производительность, м³/ч	45
напор, м вод. ст.	31
габариты агрегата, мм	4620×1300××2220
масса, кг	4600

§ 10. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДВУХСТУПЕНЧАТЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ, МАШИНЫ И УСТАНОВКИ

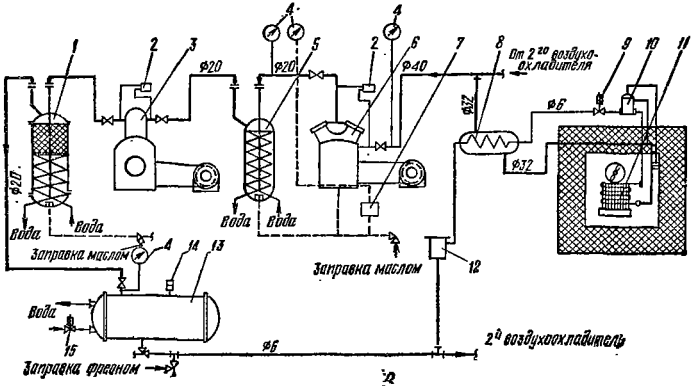
Фреоновые машины ФДС-1,2-70В, ФДС-2,5-70В, ФДС-10М и ФДС-20М

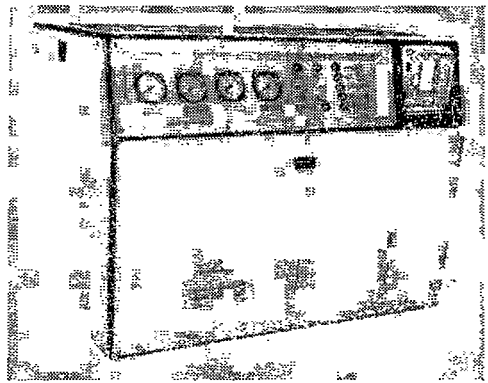
Двухступенчатые холодильные машины ФДС-1,2-70В и ФДС-2,5-70В (рис. 90) работают автоматически в диапазоне температур кипения —50÷—70° С при температуре

конденсации до 30° С, обеспечивая охлаждение воздуха в охлаждаемой камере объемом 6—12 м³ до температуры —65° С.

Холодильная машина состоит из воздухоохладительного и компрессорно-конденсаторного агрегатов.

Компрессорно-конденсаторный агрегат включает в себя компрессоры низкой и высокой ступени, электродвигатель,





б

Рис. 90. Двухступенчатая холодильная машина ФДС-1,2-70В:

а — принципиальная схема машины ФДС-2,5-70В: *1* — маслоотделитель высокого давления, *2* — реле давления РД-3-01; *3* — компрессор высокого давления, *4* — мановакуумметры, *5* — маслоотделитель низкого давления, *6* — компрессор низкого давления; *7* — реле контроля смазки, *8* — теплообменник, *9* и *15* — соленоидные вентили; *10* — терморегулирующий вентиль с внешним уравниванием, *11* — воздухоохладитель, *12* — фильтр-осушитель, *13* — конденсатор, *14* — предохранительный клапан; *б* — общий вид.

Таблица 29

Показатели	ФДС-1,2-70В	ФДС-2,5-70В
Холодопроизводительность при температуре кипения —70°С и температуре конденсации 25°С, ккал/ч	1050	2100
Охлаждающая вода температура, °С	до 25	до 25
расход, м³/ч	1	2
Электрическая мощность при температуре кипения —70°С и температуре конденсации 25°С, кВт	4,16	7,92
Зарядка, кг		
фреон-22	25	35
масло ХФ22—24	3,4	3,4
Масса машины (сухая), кг	800	1070
Объем охлаждаемой камеры, м³	6	12
Компрессорно-конденсаторный агрегат	АК-ФДС-1,2-70	АК-ФДС-2,5-70
Холодопроизводительность при температуре кипения —70°С и температуре конденсации 25°С, ккал/ч	1300	2200
Электрическая мощность при температуре кипения —70°С и температуре конденсации +25°С, кВт	3,2	5,2
Компрессор низкой ступени	22ФУС12	22ФУУС25
количество цилиндров	4	8
диаметр цилиндра, мм	67,5	67,5
ход поршня, мм	50	50
частота вращения коленчатого вала, об/мин	1430	1440
зарядка масла, кг	2,5	6,5
Компрессор высокой ступени	22ФВС6	22ФВС6
количество цилиндров	2	2
диаметр цилиндра, мм	67,5	67,5
ход поршня, мм	50	50
частота вращения коленчатого вала, об/мин	720	960
зарядка маслом, кг	1,7	1,7
Электродвигатели компрессора низкой и высокой ступеней		
тип	АОЛ2-32-4	АОП2-42-4
число оборотов в минуту	1430	1450
мощность, кВт	3	5,5
напряжение, В	380/220	380/220

Продолжение

Показатели	ФДС-1,2-70В	ФДС-2,5-70В
Габариты агрегата, мм	1370×900×1035	1370×1040×1160
Масса (сухая), кг	600	870
Воздухоохладительный агрегат	АВН-25	
Наружная поверхность теплообмена воздухоохладителя, м²	25	
Производительность вентилятора, м³/ч	3000±300	
Электродвигатель вентилятора		
тип	АОЛ-22-4	
частота вращения, об/мин	1400	
мощность, кВт	0,4	
напряжение, В	220/380	

кожухотрубный конденсатор, маслоотделитель, приборы автоматики и запорной арматуры.

Компрессорно-конденсаторный агрегат представляет собой сварную раму, внутри которой компактно размещено все оборудование. Со всех сторон агрегат закрыт съемными щитами с жалюзи для доступа воздуха. На передней панели агрегата расположены автоматический мост для регулирования и записи температуры, манометры и мановакуумметры, а также пусковая и сигнальная аппаратура. На задней стенке агрегата имеются штуцера входа и выхода фреона-22, воды, заправки маслом, а также ввод электрического кабеля.

Конденсатор — кожухотрубный водяной горизонтальный с медными оребренными трубками.

Промежуточный пароохладитель — сварной кожухозмеевиковый с медными трубками — служит для охлаждения водой пара после сжатия в компрессоре низкой ступени.

Воздухоохладительный агрегат состоит из воздухоохладителя с осевым вентилятором, технологической аппаратуры и приборов регулирования. Его монтируют в проеме вертикальной стены охлаждаемой камеры. Техническая характеристика этих машин приведена в табл. 29.

Машины ФДС-10М и ФДС-20М московского завода «Компрессор» работают в диапазоне температур кипения от —60 до —80° С при температуре конденсации не выше 30° С и температуре охлаждающей воды не более 22° С.

Машины работают на фреоне-22 со смазочным маслом ХФ-22С-16 и применяются для охлаждения промежуточного теплоносителя, в качестве которого используется фреон-30 (химическая формула CH_2Cl_2).

Машины могут работать при температуре от —40 до —10° С в одноступенчатом режиме (высокая ступень).

В пусковой период при выходе на заданный автоматический режим требуется ручное регулирование. Двухступенчатые машины состоят из компрессоров низкой и высокой ступеней, электродвигателей, конденсаторно-регулирующего агрегата, испарителя, маслоотделителей, теплообменников и ресивера.

Техническая характеристика машин ФДС представлена в табл. 30.

Конденсаторно-регулирующий агрегат состоит из конденсатора, теплообменника, отделителя воздуха, фильтра-осушителя и щита приборов автоматики и контроля.

Конденсатор — горизонтальный, кожухотрубный, с медными трубками, с накатными ребрами.

На конденсаторе имеются указатель уровня жидкого фреона, предохранительный клапан, запорные вентили на входе и выходе фреона, запорные вентили для выпуска воздуха и воды, а также для подсоединения к манометру. В нижней части конденсатора расположен отстойник со спускным штуцером и вентилем.

Теплообменник — горизонтальный, кожухозмеевиковый, с медными трубками, с накатными ребрами.

Испаритель — горизонтальный, кожухотрубный, с медными трубками, с накатными ребрами. Испаритель снабжен указателем уровня жидкого фреона, предохранительным клапаном и запорными вентилями.

Схема работы двухступенчатой фреоновой холодильной машины ФДС-20М дана на рис. 91.

Двухступенчатые аммиачные агрегаты АДС-25 и АДС-50

Двухступенчатые аммиачные агрегаты АДС-25 и АДС-50 выпускаются Черкесским заводом холодильного машиностроения на базе компрессоров с диаметром цилиндра 81,88 мм и ходом поршня 70 мм. Указанные агрегаты (рис. 92) предназначены для работы в системах холодильных установок, работающих в диапазоне температур кипения от —20 до —50° С при температуре конденсации не

Таблица 30

Показатели	ФДС-10М	ФДС-20М
Холодопроизводительность при температуре кипения —70°С, температуре конденсации 30°С и температуре охлаждающей воды 22°С, ккал/ч	15000	32000
Расход, м³/ч		
воды	9	18
теплоносителя	10	40
Эффективная мощность при температуре кипения —70°С, температуре конденсации 30°С и температуре охлаждающей воды 22°С, кВт	27	54
Зарядка		
фреон-22, кг	550	750
масло, кг	75	115
Масса машины (сухая), кг	5742	8760
Компрессор низкой ступени	БФУ-10М/Д	БФУУ-20М/Д
Частота вращения, об/мин	960	720
Габариты, мм	2158×1350×1150	2705×1550×1260
Масса (с приводом), кг	1553	2600
Электродвигатель		
тип	АОП2-82-6	АОП2-92-6
частота вращения, об/мин	980	
мощность, кВт	40	75
напряжение, В	220/380	
Маслоотделитель	ОМФЗ-100	
условный проход по пару, мм	100	
наружная поверхность змеевиков, м²	10,3	
габариты, мм	676×575×1690	
масса (сухая), кг	415	
Компрессор высокой ступени	22-ФВ-100/3Д	22-ФУ-200/4Д
Частота вращения, об/мин	720	
Габариты, мм	2220×660×1132	2560×1350×1150
Масса (с приводом), кг	1170	1603
Электродвигатель		
тип	АОП2-82-8	АО101-8М
частота вращения, об/мин	735	735
мощность, кВт	30	75
напряжение, В	220/380	220/380
Маслоотделитель	ОМФ-100	
условный проход по пару, мм	100	
габариты, мм	680×1870	
масса (сухая), кг	364	
Конденсаторно-регулирующий агрегат	АКР-70А	АКР-100

Продолжение

Показатели	ФДС-10М	ФДС-20М
Конденсатор	10501	КТР-55А
наружная поверхность теплообмена, м²	42	53,6
число ходов по воде	6	4
количество труб	120	151
расход охлаждающей воды, м³/ч	от 5 до 13	от 10 до 34
Габариты агрегата, мм	3000×840×1380	3065×1045×1700
Масса (сухая), кг	1625	1354
Теплообменник	ТФ-125/25	ТФ-6,5
наружная поверхность теплообмена, м²	5,2	6,25
масса, кг	201	168
Испаритель	ИТР-35Н	ИТРН-80
наружная поверхность теплообмена, м²	43	77
число ходов по теплоносителю	4	2
количество труб	123	218
расход теплоносителя, м³/ч	от 6 до 18	от 20 до 60
габариты, мм	3190×960×1020	3100×1100×1150
масса, кг	900	1400
Теплообменник	—	ТФ-6,5
наружная поверхность теплообмена, м²	—	6,25
масса (сухая), кг	—	177
Ресивер	—	22РФ 0,5
емкость, м³		0,5
габариты, мм	—	1880×925×1175
масса (сухая), кг	—	321

выше 40° С. Агрегаты также могут работать в одноступенчатом режиме при температуре кипения 5÷—25° С при температуре конденсации до 40° С.

В состав агрегатов АДС-25 и АДС-50 входят две компрессорно-электродвигательные группы высокой и низкой ступеней с маслоотделителями и промежуточным сосудом, с системой автоматической защиты, смонтированные на единой сварной раме.

При работе агрегата в одноступенчатом режиме работает только компрессор высокой ступени. Переход с двухступенчатого режима на одноступенчатый и обратно осу-

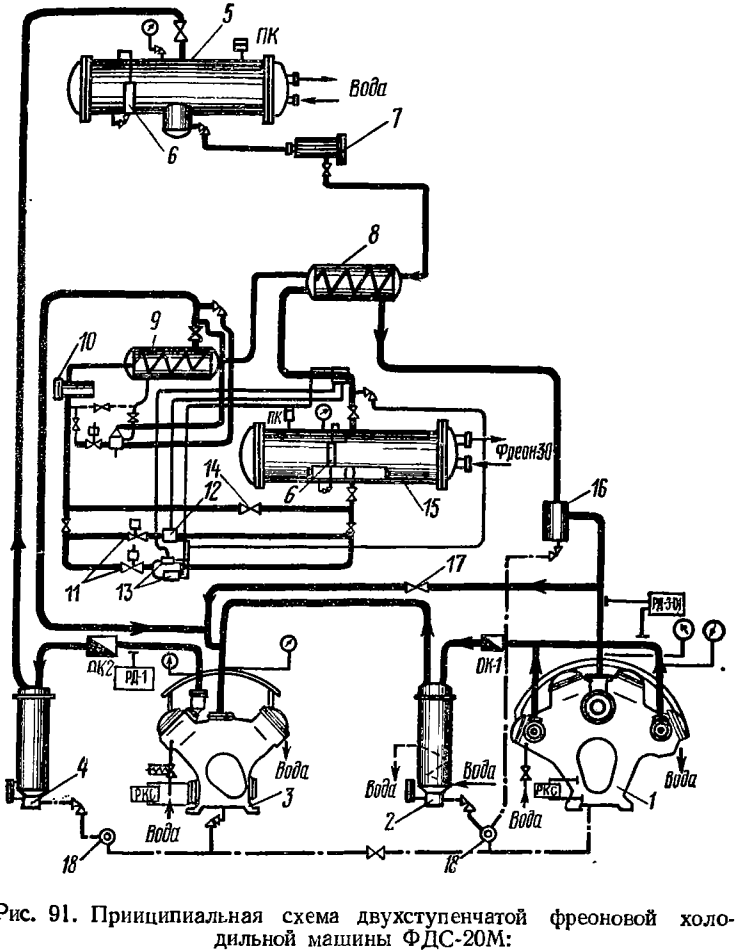


Рис. 91. Принципиальная схема двухступенчатой фреоновой холодильной машины ФДС-20М:

1 — компрессор низкой ступени; *2* — маслоотделитель низкой ступени; *3* — компрессор высокой ступени; *4* — маслоотделитель высокой ступени; *5* — конденсатор; *6* — указатель уровня; *7* — осушитель; *8* — теплообменник; *9* — теплообменник-переохладитель; *10* — фильтр; *11* — соленоидный вентиль; *12*, *13* — терморегулирующие вентили; *14* — ручной регулирующий вентиль; *15* — испаритель; *16* — фильтр-маслоотделитель фреоновый; *17* — запорный вентиль; *18* — глазок масляный.

ществляется вручную. Холодопроизводительность в обоих режимах работы регулируется пуском и остановкой электродвигателей компрессоров. У агрегатов имеются автоматическая и полуавтоматическая системы управления и защиты. Для проведения наладочных и пусковых работ предусмотрено ручное управление с отключением приборов защиты.

Исполнение электрооборудования и приборов соответствует требованиям для взрывоопасных помещений класса В-1б. Рабочее напряжение 380/220 В.

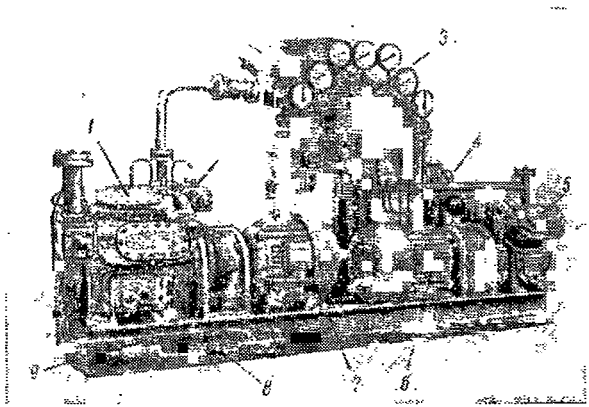


Рис. 92. Двухступенчатый аммиачный агрегат АДС-50:

1 — компрессор низкой ступени; *2* — промежуточный сосуд; *3* — регулирующая станция с контрольно-измерительными и автоматическими приборами; *4* — маслоотделитель высокой ступени; *5* — компрессор высокой ступени; *6* и *7* — электродвигатели высокой и низкой ступени; *8* — соленоидный вентиль; *9* — рама.

Компрессоры — одноступенчатые, блок-картерные, прямоточные, с интенсивным водяным охлаждением. Промежуточный сосуд — вертикальный, в нижней части его расположен змеевик. На сосуде установлены предохранительный клапан и три полупроводниковых реле уровня с запорной арматурой. Маслоотделитель— вертикальный с поплавковым перепускным клапаном и водяным охлаждением.

Контрольно-измерительные приборы, приборы автоматической защиты, линия впрыска жидкого аммиака в промежуточный сосуд для поддержания заданного уровня и байпасная линия, соединяющая испаритель установки с

промежуточным сосудом, расположены на регулирующей станции, которая закреплена на промежуточном сосуде.

Реле протока воды, соленоидный вентиль, отключающий подачу воды на компрессор при остановке электродвигателя, а запорная арматура для заливки масла в компрессор смонтированы на раме. Пульт управления устанавливается рядом с агрегатом.

Схема работы представлена на рис. 93.

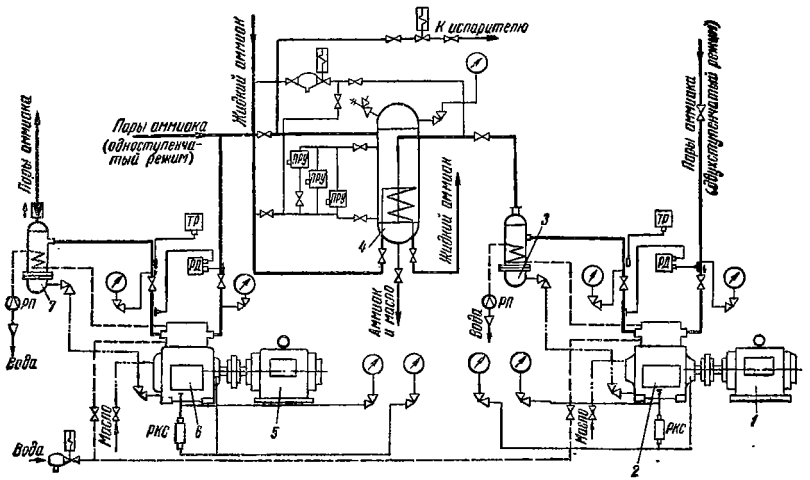


Рис. 93. Принципиальная схема работы двухступеичатого аммиачного агрегата АДС-25 (АДС-50):

1 — электродвигатель ступени низкого давления; *2* — компрессор ступени низкого давления; *3* — маслоотделитель ступени низкого давления; *4* — промежуточный сосуд; *5* — электродвигатель ступени высокого давления; *6* — компрессор ступени высокого давления; *7* — маслоотделитель ступени высокого давления; *РП* — реле протока; *РД* — реле давления; *ТР* — температурное реле; *РКС* — реле контроля смазки; *ПРУ* — полупроводниковый регулятор уровня.

Техническая характеристика аммиачных двухступенчатых агрегатов представлена в табл. 31.

Двухступенчатая аммиачная установка АДС-10

Двухступенчатое сжатие (рис. 94) происходит в двух раздельных поршневых компрессорах низкой и высокой ступени. Схемой также предусмотрена работа и в одноступенчатом цикле с помощью байпасной линии, позволяю-

Таблица 31

Основные показатели	АДС-25		АДС-50	
	низкая ступень	высокая ступень	низкая ступень	высокая ступень
Холодопроизводительность, ккал/ч при температуре кипения —30°С и температуре конденсации 35°С	28000	—	56000	—
Эффективная мощность, кВт при температуре кипения —30°С и температуре конденсации 35°С	14,35			28,7
Компрессор	АУ45	АВ22	АУУ90	АУ45
Частота вращения, об/мин	1440	960	1440	960
Объем описываемый поршнями, м³/ч	128	42,5	256	85
Поверхность змеевика промежуточного сосуда, м²	—	0,7	1,4	—
Электродвигатель	АОП2-61-4	АОП2-61-6	АОП2-71-4	АОП2-72-6
Частота вращения ротора, об/мин	1460	970	1460	970
мощность, кВт	13	10	22	22
напряжение, В	220/380		220/380	
Габариты, мм	2700×1045×1560		3270×1350×1755	
Масса агрегата (сухой, без пульта управления, запчастей и инструмента), кг	1355		1930	

щей соединять компрессор высокой ступени с испарительной частью.

Особенностью схемы двухступенчатых машин является защита испарительной системы теплообменных аппаратов и регулирующих органов от попадания в них масла, а также значительное переохлаждение аммиака перед регулирующей станцией, что обеспечивает надежную работу приборов.

Интенсивное отделение масла достигается в схеме путем отмывки пара в жидком аммиаке в маслоотделителе специальной конструкции после компрессора высокой ступени или в промежуточном сосуде со змеевиком после компрессора низкой ступени.

Машины снабжены воздухоотделителями для спуска воздуха из системы при работе в области низких температур, когда возможен подсос воздуха через неплотности.

В схеме предусмотрена возможность оттаивания горячим аммиаком снеговой шубы, образующейся на поверхностях испарительных батарей; для этого испарительные батареи разделены на две части, а для слива аммиака из испарительных батарей во время оттаивания имеется специальный ресивер.

Двухступенчатые машины — полуавтоматические: пуск и остановка компрессоров — ручные, а раздача аммиака в испарительную часть и промежуточный сосуд — автоматическая, с помощью поплавковых регулирующих клапанов; машины снабжены контрольно-измерительными приборами и дистанционными указателями уровня жидкого аммиака, позволяющими вести контроль и наблюдение за работой аппаратов.

У компрессоров и аппаратов имеются предохранительные устройства, предотвращающие аварийное положение при ненормальной работе машин.

Холодильная аммиачная двухступенчатая машина АСД-10 работает в диапазоне температур кипения аммиака — 50—70°С и имеет номинальную холодопроизводительность 10000 ккал/ч при температурах кипения —65°С и конденсации 25°С.

Составными частями машины АДС-10 являются серийные компрессоры АВ-75 (2АВ-15) — на высокой ступени и АУ-150 (4АУ-15) — на низкой ступени, конденсаторно-ресиверный агрегат 10-КР, манометровый щит, промежуточный сосуд 40-ПС, отделитель жидкости 100-ОЖ, масло-

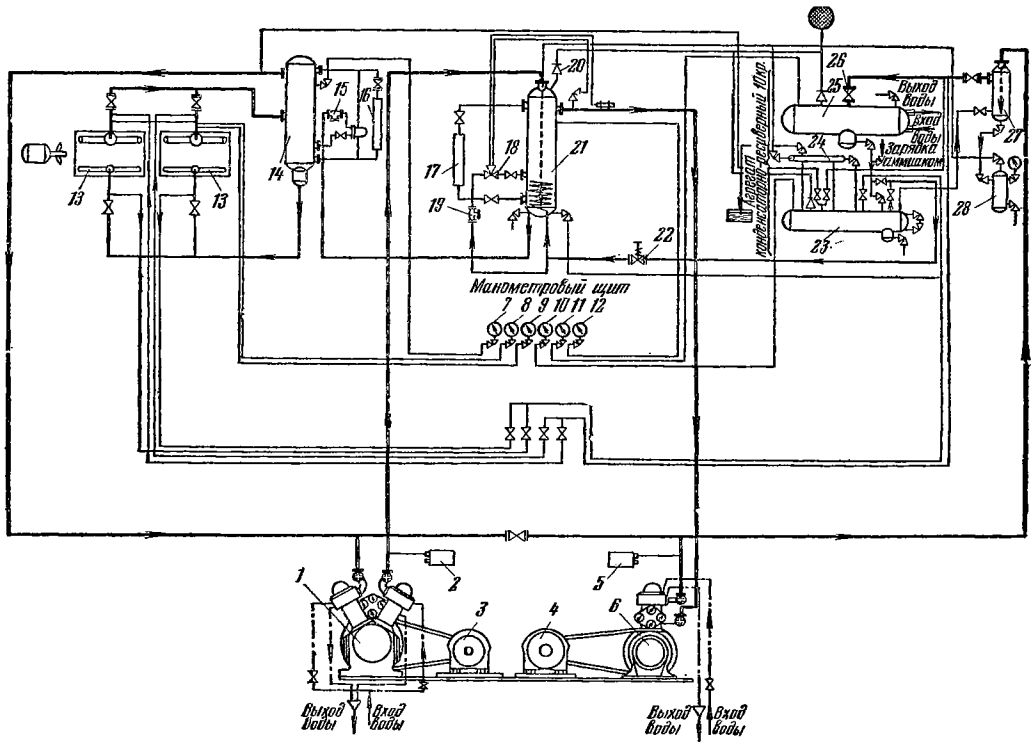


Рис. 94. Принципиальная схема аммиачной двухступенчатой холодильной машины АДС-10:

1 — компрессор низкой ступени; *2* — реле давления РДА; *3* — электродвигатель; *4* — электродвигатель; *5* — реле давления РДА; *6* — компрессор высокой ступени; *7* — вакуумметр; *8*, *9* и *12* — мановакуумметр; *10* и *11* — манометр; *13* — спирально-ребристая батарея; *14* — отделитель жидкости; *15* и *19* — фильтры; *16*, *17* — дистанционные указатели; *18* — терморегулирующий вентиль ТРВА-10; *20* — предохранительный клапан; *21* — промежуточный сосуд; *22* — соленоидный вентиль; *23* — ресивер; *24* — воздухоотделитель; *25* — конденсатор; *26* — предохранительный клапан; *27* — маслоотделитель; *28* — маслосборатель.

отделитель 50-ОММ; маслособиратель 150-СМ, регулирующие и контрольно-измерительные приборы и испарительная часть, состоящая из спирально-ребристых батарей непосредственного испарения типа НТБ.

Компрессор АВ-75 работает на высокой ступени при частоте вращения 360 об/мин с электродвигателем серии АП-81-8 мощностью 20 кВт, 730 об/мин, соединенным клиноременной передачей с компрессором, и имеет пусковую электроаппаратуру и реле давления РДА. Реле давления является защитным и выключает компрессор при чрезмерном повышении давления нагнетания.

Компрессор АУ-150 работает на низкой ступени при частоте вращения 720 об/мин с электродвигателем серии АП-71-4 мощностью 20 кВт, 1450 об/мин, соединенным клиноременной передачей с компрессором, имеет пусковую электроаппаратуру и реле давления РДА. Реле давления является защитным и позволяет включать компрессор только при достижении определенного промежуточного давления.

Агрегат конденсаторно-ресиверный 10-КР состоит из кожухотрубного конденсатора, ресивера, воздухоотделителя и манометрового щита, смонтированных в единый агрегат.

Конденсатор — горизонтальный, кожухотрубный, десятиходовой, поверхность охлаждения 10 м², с обечайкой диаметром 426 мм (99 трубок диаметром 25×2,5 мм). Под конденсатором расположен ресивер 0,25 РЛ емкостью 250 л — горизонтальный аппарат диаметром 426 мм. Ресивер снабжен указателем уровня и служит в основном для слива аммиака из испарительной части во время ее оттаивания.

На корпусе ресивера в верхней его части расположен горизонтальный двухтрубный воздухоотделитель. На манометровом щите расположены шесть манометров и мановакуумметров, позволяющих вести наблюдение за работой установки.

Промежуточный сосуд 40-ПС предназначен для полного сбива перегрева паров аммиака, нагнетаемых компрессором низкой ступени и для переохлаждения жидкого аммиака после конденсатора. . .

Необходимый уровень жидкого аммиака в промежуточном сосуде поддерживается либо поплавковым регулирующим клапаном 5ПР, либо терморегулирующим вентилем

ТРВА-10. Дистанционный контроль уровня жидкого аммиака осуществляется с помощью сигналов от дистанционного указателя уровня ДУ-3/2 , установленного на промежуточном сосуде.

Отделитель жидкости 100-ОЖ — стальной вертикальный сосуд, предназначенный для отделения жидкости из паров аммиака. На отделителе жидкости установлен поплавковый регулирующий клапан 5ПР, дросселирующий аммиак и поддерживающий постоянный его уровень в отделителе, который соответствует уровню заполнения аммиаком испарительных батарей. Дистанционный контроль уровня жидкого аммиака осуществляется с помощью сигналов от дистанционного указателя уровня ДУ-3/3, установленного на отделителе жидкости.

Маслособиратель 150-СМ служит для перепуска масла из маслоотделителя и выпуска его наружу при меньшем давлении для уменьшения потерь аммиака и, следовательно, уменьшения опасности для обслуживающего персонала.

Испарительная часть машины состоит из двух низкотемпературных спирально-ребристых батарей непосредственного испарения НТБ-1,9 затопленного типа, каждая поверхностью 53 м², и двух осевых вентиляторов ЦАГИ № 5. Каждая батарея представляет собой набор горизонтальных стальных трубок диаметром 38×2,25 мм со стальными навитыми ребрами толщиной 1 мм с шагом 10 и высотой 24 мм. Батареи обдуваются по фронту двумя осевыми вентиляторами, которые обеспечивают скорость воздуха 3,5 м/с в живом сечении батареи, равном 0,5 м². Сопротивление воздуху двух батарей, расположенных одна за другой по направлению потока воздуха, составляет 24 мм вод. ст. при его скорости 3,5 м/с и температуре —60° С.

Составные части машины монтируют на месте эксплуатации по проекту в соответствии с принципиальной схемой машины.

Техническая характеристика аммиачной двухступенчатой холодильной машины АДС-10

Холодопроизводительность номинальная ккал/ч при температуре кипения —65°С и конденсации 25°С	10000
Установочная мощность, кВт	40
Зарядка машины, кг	
аммиак	170
масло ХА	—

Расход охлаждающей воды, м³/ч	5	
Масса машины (сухая), кг	5732	
Компрессоры	АУ-150 (ступень низкого давления)	АВ-75 (ступень высокого давления)
Число цилиндров	4	2
Диаметр цилиндров, мм	150	150
Ход поршня, мм	140	140
Частота вращения, об/мин	720	360
Часовой объем, описываемый поршнями, м³/ч	429	104
Потребляемая мощность, кВт	11,5	12,5
Масса, кг	1450	1050
Электродвигатель	АП-71-4	АП-81-8
Мощность, кВт	20	20
Частота вращения, об/мин	1450	730
Напряжение, В	220/380	
Масса, кг	205	360

Агрегат конденсаторно-ресиверный	10-КР
Тип конденсатора	Кожухотрубный, горизонтальный
Поверхность охлаждения, м²	10
Ресивер	0,25 РЛ
Емкость ресивера, м³	0,25
Тип воздухоотделителя	Двухтрубный, горизонтальный
Манометровый щит	С 6 манометрами
Масса агрегата (сухая), кг	900
Приборы автоматики	
Указатель уровня	ДУ-3/3 и ДУ-3/2
Поплавковый регулятор	5ПР
Фильтр аммиачный	15-АФ
Испарительная часть	НТБ-1,9
Тип	Низкотемпературная спирально-ребристая батарея с запорной и регулирующей арматурой, с вентилятором ЦАГИ № 5 и электродвигателем
Поверхность охлаждения, м²	53×2
Масса, кг	445×2

Глава 7

ХОЛОДИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ И ТОРГОВОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 1. ВИДЫ ХОЛОДИЛЬНИКОВ

По емкости камер холодильники подразделяются на мелкие — до 100 т, малые — до 500, средние — до 3000, крупные — до 10000 и сверхкрупные — свыше 10 000 т. По своему назначению холодильники разделяются на производственные, заготовительные, базисные, распределительные, портовые, транспортные и торговые.

Производственные холодильники сооружают на мясокомбинатах, рыбокомбинатах, маслодельно-сыродельных заводах и других предприятиях. Они служат для охлаждения, замораживания и хранения готовой продукции. Такие холодильники оснащены холодильными установками большой производительности, обеспечивающими холодом скороморозильные камеры и камеры хранения.

Заготовительные холодильники сооружают в районах заготовки различных продуктов — овощей, фруктов, птицы, яиц. На таких холодильниках принятые продукты охлаждают, замораживают и хранят непродолжительное время.

Базисные холодильники служат для создания запасов продовольствия и продолжительного его хранения. Замороженные продукты поступают с производственных и заготовительных холодильников.

Распределительные холодильники служат для равномерного обеспечения в течение года предприятий торговли и общественного питания продовольственными товарами. Замороженные или охлажденные продукты поступают с производственных, заготовительных или базисных холодильников.

Портовые и транспортные холодильники служат для сохранения продуктов перед транспортировкой и во время нее.

В перечисленных холодильниках скоропортящиеся продукты могут сохраняться продолжительное время (некоторые продукты в течение нескольких лет) без заметного ухудшения качества.

Торговые холодильники подразделяются на холодильники продовольственных баз и холодильники торговых предприятий. Холодильники продовольственных баз (емкостью от 10 до 500 т обеспечивают предприятия торговли и общественного питания. Сроки хранения скоропортящихся продуктов на таких базах 5—10 дней. Холодильники продовольственных магазинов и предприятий общественного питания относятся к группе мелких. Площадь и количество холодильных камер зависят от того, какие группы товаров и в каком количестве будут в них храниться. Срок хранения большинства скоропортящихся товаров в предприятиях торговли и общественного питания 2—3 суток, в связи с чем емкость холодильных камер должна обеспечить сохранение продуктов в количестве равном 2- и 3-дневной реализации.

При проектировании холодильников учитывают емкость камер для охлаждения, замораживания и хранения продуктов; виды продуктов и характер загрузки по месяцам года; нормы загрузки (в кг на 1 м^2 площади); возможности использования автомобильного и железнодорожного транспорта для доставки и отправки грузов; возможности использования внутрицехового транспорта и подъемных механизмов для механизации погрузочно-разгрузочных работ; схему водоснабжения и канализации; основное и резервное электропитание; глубину промерзания грунта, и допустимые нагрузки на грунт и перекрытия; санитарные и противопожарные нормы, правила техники безопасности на фреоновых и аммиачных холодильных установках; технико-экономические показатели применения новых изоляционных материалов, планировки различных помещений и т. д.

В настоящее время в СССР ведется строительство преимущественно одноэтажных холодильников любой емкости, в том числе и сверхкрупных. Внутренняя высота современных одноэтажных холодильников 8—9 м позволяет комплексно механизировать все работы по загрузке и выгрузке— это значительно сокращает затраты на эксплуатацию. Кроме того, строительные конструкции одноэтажных холодильников дешевле, а строительство их менее трудоемко.

Холодильники предприятий торговли и общественного питания размещают в подвальных, полуподвальных помещениях и первых этажах отдельно стоящих, а также жилых и промышленных зданий. Планировка холодильных

камер зависит от здания, отводимого под торговое предприятие и выполняется строительными организациями по специальным проектам. Для предприятий торговли проектом учитывается способ продажи (самообслуживание или с помощью продавцов), тип магазина (специализированный — мясо, рыба — или обычный продовольственный); число рабочих мест в магазинах с продавцами, дневная реализация товаров и допустимые сроки хранения. Для предприятий общественного питания количество и площади холодильных камер проектируются в зависимости от типов предприятий (ресторан, столовая, кафе), от количества посадочных мест в торговом зале и условий работы предприятий (на полуфабрикатах или сырье).

Температурные требования, сроки хранения и нормы загрузки продуктами стационарных холодильных камер на предприятиях торговли и общественного питания указаны в табл. 32.

Таблица 32

Продукты	Температура хранения, °С	Срок хранения, сутки	Загрузка продуктов, кг/м²
Охлажденное мясо и мясопродукты	—1÷1	4	200
Рыба охлажденная, мороженая и рыбопродукты	—3÷—1	3	250
Молочно-жировые продукты	1÷3	5	300
Колбасные изделия, копчености, яйца и другие гастрономические продукты	1÷3	4	200
Фрукты, ягоды, овощи, зелень, напитки и вина	4÷6	2	200
Отходы (на предприятиях общественного питания)	0÷2	2	250

При изготовлении стационарных холодильных камер необходимо соблюдать следующие требования.

Толщину теплоизоляции следует подбирать с таким расчетом, чтобы коэффициент теплопередачи k ограждений холодильных камер в зависимости от разности температур (между температурой снаружи и внутри камеры) имел следующие значения:

Разность температур, °С	50—35	35—25	25—15	15—10
Коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К)	0,28—0,35	0,4—0,46	0,52—0,58	0,64—0,7

Холодильные камеры должны располагаться вблизи от разгрузочной площадки и подъемника. Камеры должны быть размещены одним блоком, иметь тамбуры, а стены и перегородки между камерами изготовлены из прочного несгораемого материала.

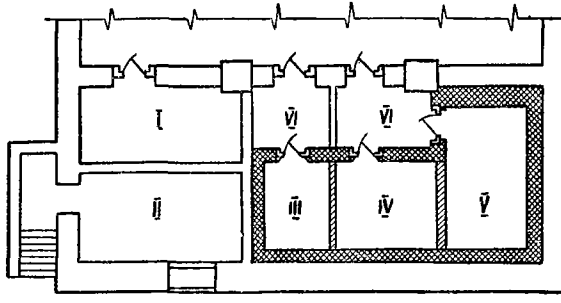


Рис. 95. Планировка холодильных камер:
I — камера для хранения сухих продуктов; *II* — машинное отделение; *III* — камера для хранения рыбы; (—3÷1°С); *IV*— камера для хранения масло-жировой продукции (1—3°С); *V* — камера для хранения мяса (—1÷1°С); *VI* —тамбур.

Камеры не должны быть проходными. Площадь стационарных камер должна быть более 4 м² при ширине не менее 2 м и высоте не менее 2,6 м. Ширина тамбуров и коридоров не менее 1,4 м. Камеры для отходов не должны сообщаться с другими охлаждаемыми камерами, вход следует делать со двора и располагать на первых этажах предприятий общественного питания. Холодильные камеры нельзя размещать вблизи горячих цехов, котельных, бойлерных, душевых, санитарных узлов. Внутри камер не должны проходить трубопроводы отопления, водопровода, канализации, воздуховоды общей системы вентиляции. По внутреннему периметру стен, пола и потолка должна быть теплоизоляция без разрывов, чтобы не было так называемых мостиков холода.

Холодильные агрегаты необходимо располагать в машинных отделениях, вблизи от охлаждаемых камер. Площадь и объем помещения машинного отделения зависят от

типов и количества холодильных агрегатов, способов охлаждения камер и конденсаторов. Фреоновые автоматические агрегаты непосредственного охлаждения, согласно «Правилам техники безопасности на фреоновых холодильных установках» допускается устанавливать вне машинного отделения в смежных с охлаждаемыми камерами помещениях, отделив их сетчатым ограждением. Фреоновые холодильные установки с рассольным охлаждением, а также аммиачные с рассольным или непосредственным охлаждением размещают в специально оборудованном отдельном машинном отделении, которое обычно располагают в подвальном или первом этаже.

Примерная планировка камер показана на рис. 95.

§ 2. СТАЦИОНАРНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ

Теплоизоляция камер. Так как около 60% полезной холодопроизводительности агрегатов расходуется на отвод тепла, проникающего внутрь камер через ограждения, для соблюдения температурного режима большое значение имеет теплоизоляция. При выборе теплоизоляционных материалов учитывают следующие их свойства: коэффициент теплопроводности, объемную массу, механическую прочность, гигроскопичность, паропроницаемость, морозостойкость, огнестойкость, стойкость к гниению, способность к восприятию или выделению запахов, возможность обработки и стоимость.

Изоляционные материалы подразделяются на две группы — материалы неорганические (минеральная пробка, пенобетон, пеностекло, шлак и пр.) и органические (пенополистирол, пенопласт, мипора, торфоплиты, пробковые плиты, камышит, гофрированный картон и др.). Так как большинство изоляционных материалов является гигроскопичными, для защиты их от увлажнения применяют паро- и гидроизоляционные материалы (битумы, битумные эмульсии и мастики, а также рубероид, пергамин, толь и пр.). Основными изоляционными материалами для стационарных камер являются минеральная пробка, торфоплиты, шлак, а для торгового холодильного оборудования — пенопласты, пенополистиролы и мипора, имеющие небольшой коэффициент теплопроводности и малый объемный вес. Характеристика изоляционных материалов приведена в табл. 33.

Таблица 33

Материалы	Объемная масса, кг/м³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
Картон гофрированный	250—300	0,08—0,09
Минеральная пробка	200—250	0,05—0,06
Жесткие минераловатные плиты на битумной связке	350—400	0,07—0,08
Пенобетон	350—400	0,14—0,16
Шлак гранулированный	400—500	0,15—0,19
Гравий керамзитовый	300	0,15
Торфоплиты	160—200	0,06—0,07
Пробковые плиты (экспанзит)	160—240	0,04—0,06
Мипора (ипорка)	14—20	0,035—0,04
Пенополистирол ПС-4	60—80	0,045—0,05
Пенополистирол ПС-Б	20—25	0,03—0,035
Пенополистирол ПС-БС (самозатухающий)	20—25	0,03—0,035
Пенополивинилхлорид ПХВ-1	80—100	0,045—0,05
Пенополивинилхлорид ПХВ-Э	180—210	0,06
Пенополиуретан (жесткий)	45—60	0,03—0,035

Стены холодильных камер (рис. 96) изолируют минеральной пробкой в следующей последовательности. На поверхность кирпичной, бетонной стены или перегородки наносят слой битумной эмульсии, а затем слой горячего битума, который используется для приклеивания плит минеральной пробки, а также служит пароизоляцией. На первый слой плит укладывают деревянные бруски, предварительно пропитанные в 3%-ном растворе фтористого натрия для предохранения от гниения и крепят их стальными ершами к стене. Толщина брусков должна быть равна толщине слоя изоляции. Швы между плитами заделывают крошками плит изоляции на битуме. Затем на первый слой наносят слой горячего битума и наклеивают следующий слой изоляционных плит заподлицо с брусками. На изоляцию укладывают стальную сетку рабитца с ячейками 10××10 мм так, чтобы она закрывала стену и пол не менее чем на 30 см от стены, после чего сетку крепят гвоздями к рейкам. Стену затем штукатурят и облицовывают метлахской плиткой на высоту 1,8—2 м от пола.

Изоляция перекрытий холодильных камер показана на рис. 97.

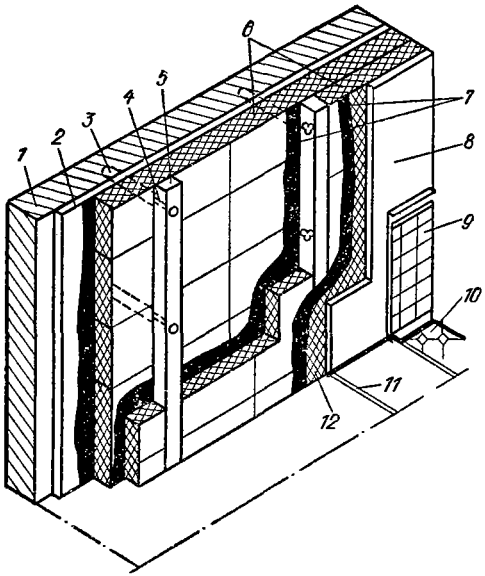


Рис. 96. Изоляция стен холодильной камеры:

1 — стена камеры; *2* — цементная затирка; *3* — деревянные пробки; *4* — стальные ерши; *5* — деревянные бруски; *6* — слой теплоизоляции; *7* — битумный слой; *8*— цементная штукатурка; *9*— глазурованные плнтки; *10* — метлахские плнтки; *11* — цементный раствор; *12* — сетка рабитца.

Пол холодильных камер, расположенных на грунте, изолируют только в том случае, если температура в камере ниже —2° С. В качестве изоляционного материала применяют гранулированный шлак, а в камерах, имеющих температуру ниже —8° С — минеральную пробку и гидроизоляцию (рис. 98).

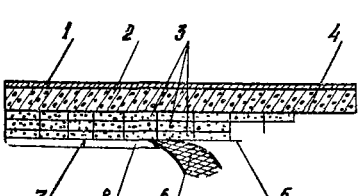


Рис. 97. Изоляция перекрытия холодильной камеры:

1 — пол; *2* — железобетонная плита; *3*— плиты изоляции; *4*— битумная смазка; *5* — стальная катанка; *6* — сетка; *7* — битум; *8* — штукатурка.

Примерные значения коэффициентов теплопередачи k для различных ограждений в зависимости от толщины изоляции из минеральной пробки и толщины стен представлены в табл. 34.

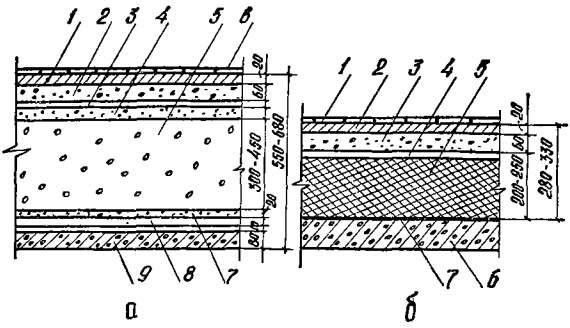


Рис. 98. Изоляция пола:

а — подвальное помещение: *1* — цементный пол, *2* — бетон марки «50», *3* — один слой толя на битуме № 3, *4* — известковый шлакобетон, *5* — шлак, *6* — метлахская плитка, *7* — шлакопесок, *8* — битумная гидроизоляция, *9* — известковый бетон; *б* — перекрытие: *1* — метлахская плитка, *2* — цементный пол, *3* — бетон, армированный сталью диаметром 6 мм, ячейками 130×130 мм, *4* — один слой толя на битуме, *5* — плиточная теплоизоляция, *6* — железобетонные плиты перекрытия, *7* — битумная пароизоляция.

Таблица 34

Ограждения	Коэффициент теплопередачи ограждений стационарных камер (Вт/(м²·К) при толщине (м) изоляции из минеральной пробки		
	0,10	0,15	0,20
Кирпичная стена толщиной, м			
0,12 (1/2 кирпича)	0,73	0,52	0,41
0,25 (1 кирпич)	0,66	0,5	0,38
0,38 (1 1/2 кирпича)	0,6	0,47	0,37
0,51 (2 кирпича)	0,56	0,43	0,35
Железобетонная стена толщиной, м			
0,1	0,77	0,55	0,48
0,6	0.63	0,48	0,38
Железобетонное перекрытие			
без утеплителя	0,7	0,5	0,44
с утеплителем	0,54	0,41	0,34

Тепловой расчет и подбор оборудования. Тепловой расчет стационарных камер производят по формуле

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где ΣQ — расход холода, кДж/сутки (ккал/сутки);
Q_1 — теплопритоки через ограждения камер;
Q_2 — расход холода на охлаждение продуктов;
Q_3 — расход холода на охлаждение вентилируемого воздуха камер;
Q_4 — эксплуатационные потери.

Расчет Q_1 производят по формуле

$$Q_1 = Fk\,(t_1 - t_2),$$

где k — коэффициент теплопередачи ограждений, Вт/(м²·К);
F — поверхность ограждений, м;
t_1 и t_2 — температуры снаружи и внутри охлаждаемого объекта, °С.

$$Q_2 = Gc\,(t_1 - t_2),$$

где G — масса продуктов, поступающих в холодильные камеры, кг;
c — удельная теплоемкость продуктов, Дж/(кг·К).

Расчет Q_3 производят с учетом кратности обмена воздуха и разности теплосодержания наружного воздуха и воздуха камер. В торговле и общественном питании Q_3 рассчитывают только для овощных и фруктовых камер, имеющих приточно-вытяжную вентиляцию и для камеры отходов, имеющей вытяжную вентиляцию с трехкратным обменом воздуха за сутки. В среднем для этих камер Q_3 составляет примерно 210 кДж/(м²·сутки) (50 ккал/м²·сутки).

Q_4 — эксплуатационные потери — зависят от открывания дверей при загрузке и выгрузке продуктов, продолжительности пребывания людей, тепловыделений электрических ламп и пр. Обычно Q_4 для предприятий торговли и общественного питания составляет до 30% от Q_1.

Холодильное оборудование подбирают с таким расчетом, чтобы все теплопритоки за сутки ΣQ кДж/сутки (ккал/сутки) отводились холодильной машиной в течение не более чем за 18 ч.

$$Q_0 \geqslant \frac{\Sigma Q}{18}.$$

При этих условиях коэффициент рабочего времени холодильной машины за сутки при максимальной тепловой нагрузке составит

$$b = \frac{18}{24} \approx 0{,}75.$$

§ 8. ТОРГОВОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

К торговому холодильному оборудованию относятся сборные холодильные камеры, торговые холодильные шкафы, охлаждаемые прилавки, витрины, прилавки-витрины и специализированные устройства, например прилавки для горячих, холодных и кондитерских цехов предприятий общественного питания, прилавки с мармитами, торговые автоматы с охлаждением и пр. Это оборудование предназначается для кратковременного хранения, демонстрации и продажи ранее охлажденных и замороженных скоропортящихся продуктов.

В зависимости от температуры хранения торговое холодильное оборудование подразделяется на обычное — применяется для охлажденных продуктов, температура хранения 0—8° С; низкотемпературное — для замороженных продуктов, температура хранения —12÷—18° С; для продажи напитков — для реализации молока, соков, газированной воды и т. п., температура 8—12° С.

Применяются следующие условные обозначения торгового холодильного оборудования; КХ — камера холодильная, КН — камера низкотемпературная, ШХ — шкаф холодильный, ШН — шкаф низкотемпературный, П — прилавок, В — витрина, ПВ — прилавок-витрина.

Цифры после тире указывают на внутренний полезный объем (в м³). Например, ШХ-0,4 указывает, что полезный объем холодильного шкафа — 0,4 м³. Торговое холодильное оборудование обычного исполнения обеспечивает паспортные температуры при температуре окружающего воздуха до 32° С, оборудование южного исполнения до 40° С.

Сборные камеры. Сборные камеры собирают из отдельных щитов — панелей с помощью стяжных болтов, глухарей или замковых устройств. Щиты представляют собой деревянные рамы с теплоизоляцией, обшитые с двух сторон металлическими листами, пластиком, фанерой или

шпунтованными досками. Внутри камер на боковых стенках крепятся решетчатые полки для укладки продуктов, а в потолке — крючья для подвески продуктов. Испарители устанавливаются под потолком, снизу к ним крепится поддон для сбора конденсата. Камеры охлаждаются отдельно стоящим агрегатом. Общий вид сборных камер пред-

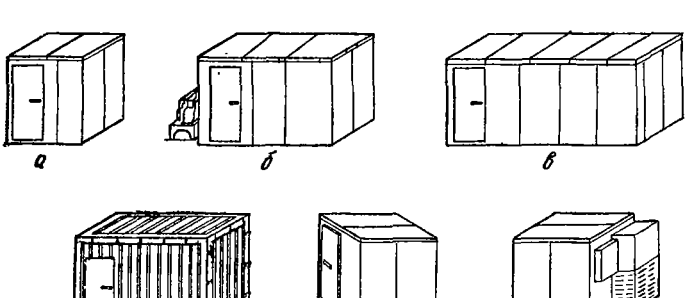


Рис. 99. Камеры сборные холодильные:
а — КХ-6; *б* — КХ-12; *в* — КХ-18; *г* — НКР-1; *д*, *е* — КН-6 (вид спереди и со стороны машинного отделения).

Показатели	КХ-6	КХ-12	КХ-18
Полезный объем, м³	6	12	18
Норма загрузки продуктов, кг	800	2000	3000
Температура в объеме, °С	0—2	0—2	0—2
Зарядка, кг			
фреон-12	3,8	6,5	10
масло ХФ-12	1,05	1,05	3,0
Холодильный агрегат	ФАК-1,1Е	ФАК-1,5	ИФ-56
Испаритель	И 38	И 39	И 39
количество	2	2	2
поверхность, м²	8,5	13,6	13,6
Габариты, мм			
длина	2000	3500	5000
ширина	2000	2000	2000
высота	2300	2300	2300
Масса, кг	750	1220	1460

ставлен на рис. 99, а техническая характеристика их приведена в табл. 35.

Холодильные шкафы. Шкафы (рис. 100) предназначены для хранения охлажденных продуктов в производственных цехах предприятий общественного питания и в торговых залах предприятий торговли в течение рабочего дня. Техническая характеристика шкафов приведена в табл. 36.

Шкаф ШХ-0,4 (рис. 101) состоит из охлаждаемой камеры и машинного отделения. Внутренняя и наружная облицовка камеры изготовлены из листового металла (сталь, нержавеющая сталь, алюминий), между которыми находится теплоизоляция (пенопласт). В охлаждаемой камере установлены полки из листового алюминия для укладки продуктов. Дверь шкафа вращается на пятниковых опорах, в ней имеется дверной запор с замком, запирающимся на ключ. Шкаф освещается лампой, включающейся автоматически при открывании двери.

В верхней части охлаждаемой камеры смонтирован испаритель, в который фреон подается через капиллярную трубку. В машинном отделении установлен фреоновый герметичный холодильный агрегат ВСр-0,35∼1А с пуско-

Таблица 35

КН-6	1ХКР-М	2ХКР-М	3ХКР-а	НКР-1
6	7,35	18,3	6,0	5,9
600	600	1200	600	800
— 18 ÷ — 16	0—2	0—2	4—6	—15÷—12
1,6 (Ф-22)	3,8	6,5	6,5	6,5
2,7(ХФ-22)	1,05	1,05	1,05	1,05
ВН-0,55-3 2 шт.	ФАК-1,1Е	ФАК-1,5М ИФ-50	ФАК-1,5М	ФАК-1,5М
Воздухоохладитель	И39	И39	И39	И76
2	1	2	1	3
—	13,6	13,6	13,6	8,67
2000	2000	5280	2140	3200
2000	2248	2032	2150	2200
2300	2394	2420	2170	2346
750	1600	2800	1680	1300

защитным реле. Заданная температура в охлаждаемом объеме шкафа поддерживается автоматически при помощи терморегулятора АРТ-2 или ТРХ-1КО, который закреплен на правой внутренней стенке шкафа. Для сбора конденсата под испарителем установлен поддон. Конденсат из под-

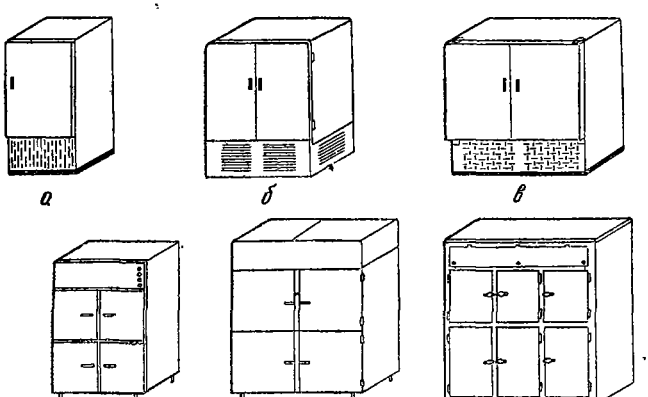


Рис. 100. Шкафы холодильные:
а — ШХ-0,4; *б* — ШХ-06М; *в* — ШХ-0,8; *г* — ШХ-0,7Ю; *д* — ШХ-12С; *е* — ШХ-125М.

Показатели	ШХ-0,4М	ШХ-0,6М	ШХ-0,8
Полезный объем, м³	0,4	0,6	0,8
Максимальная загрузка продуктами, кг	80	125	160
Температура в объеме, °С	1—3	1—3	1—3
Холодильный агрегат	ВСр-0,35~1А	ВС-0,45~3; ВСр-0,35~1	ВС-0,45~3
Зарядка, кг			
фреон	0,5	1,4: 0,75	1,4
масло ХФ-12	1,2	2,4; 1,2	2,4
Габариты, мм			
длина	750	1200	1500
ширина	750	840	750
высота	1800	1910	1800
Масса, кг	180	260	300

дона по сливной трубке стекает в специальную емкость, установленную в машинном отделении. Машинное отделение закрыто спереди жалюзийной решеткой.

Ш к а ф ШХ-0,6 имеет две двери. Питание испарителя осуществляется через ТРВ-2М. Автоматическое поддержание заданной температуры обеспечивается двумя термостатами АРТ-2 или одним ТР1-02Х. Машинное отделение находится внизу. В нем размещены герметичный агрегат и электрощит.

Ш к а ф ШХ-0,7Ю имеет 4 двери. Для уплотнения дверей применяется поливинилхлоридный профиль с магнитной вставкой. Машинное отделение располагается вверху шкафа и в нем находятся герметичный агрегат, электрощит и приборы автоматики.

Ш к а ф ШХ-0,8 состоит из двух отсеков ШХ-0,4. С лицевой стороны имеются две дверцы, запирающиеся на ключ. В машинном отделении размещен агрегат и на поворотном щитке электрооборудование — магнитный пускатель и автоматический выключатель АП-50-3МТ. Питание испарителя осуществляется через ТРВ-2М или капиллярную трубку. Для доступа в машинное отделение спереди имеется съемный щит, а с задней стороны — открытый люк.

Таблица 36

ШХ-1,2С	Т2-125М	ШХ-0,3	Т-60М	ШСО-1	ШВД-2
1,2	1,25	0,3	0,6	1,27	1,16
250	250	60	125	250	400
1—3	0—5	1—3	0—6	2—4(5—8)	1—3(4—6)
ВС-0,7~3; ВС-0,55~3	ФАК-0,7	ВСр-0,22Е~~1	ВС-0,45~3, ФГК-0,45~3	ФАК-1,1	ФАК-1,1
2,0; 1,4	2,5	0,35	1,4	3,8	3,8
2,7; 2,4	1,05	1,0	2,4	1,05	1,05
1532	1740	1690	1210	2000	2000
810	890	600	855	690	800
2120	2190	1700	1870	1880	2200
430	410	150	325	450	450

Ш к а ф ШХ-1,2С имеет машинное отделение, находящееся сверху шкафа. С лицевой стороны шкаф имеет 5 дверок: четыре для загрузки продуктов, а пятая сверху для технического обслуживания агрегата, ТРВ-2М, испарителя, термореле и электрооборудования.

Ш к а ф Т2-125М охлаждается отдельно стоящим агрегатом ФАК-0,7Е, имеет 7 дверок — шесть для продуктов,

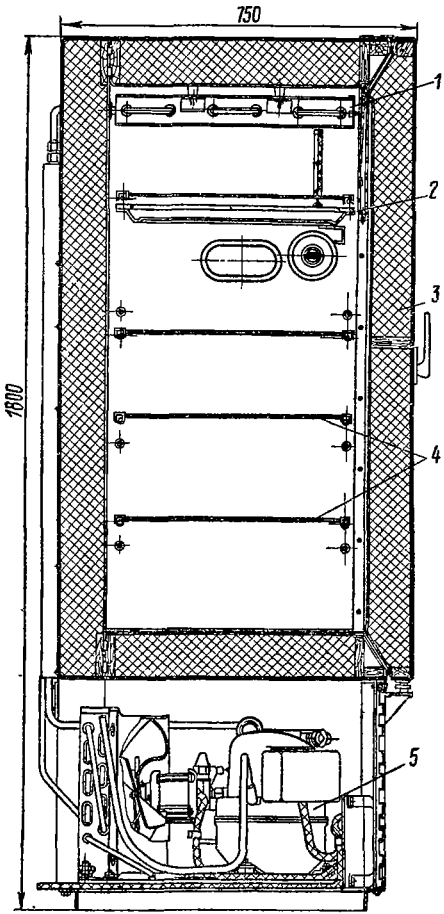


Рис. 101. Разрез шкафа ШХ-0,4:
1 — испаритель; *2* — поддон; *3* — дверь; *4* — полки для продуктов; *5* — холодильный агрегат.

а седьмую — для доступа к испарителю и ТРВ-2М. Автоматическая работа достигается правильной регулировкой прессостата РД-1 (обычно избыточное давление отключения $0{,}7 \cdot 10^5$ Па, давление включения — $2{,}2 \cdot 10^5$ Па).

Охлаждаемые витрины, прилавки-витрины и прилавки. Торговое холодильное оборудование (рис. 102) служит для демонстрации, продажи и хранения охлажденных и замороженных продуктов в течение рабочего дня. Техническая характеристика указанного оборудования представ-

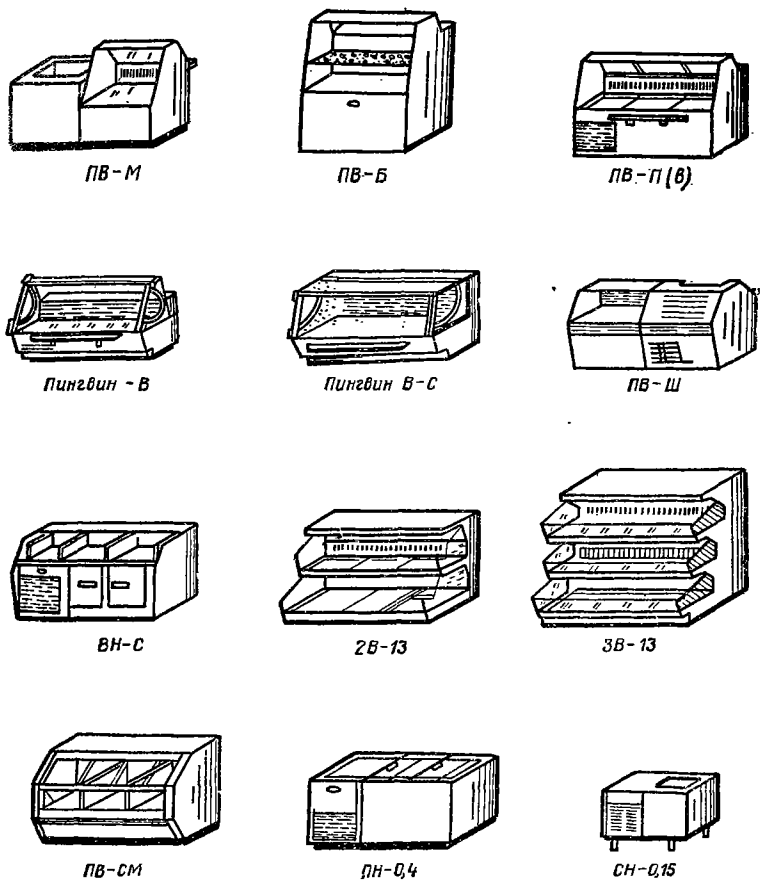


Рис. 102. Торговое холодильное оборудование.

Показатели	Вит		
	одноярусная В	одноярусная для самообслуживания В-1	двухъярусная В-2 (2В-13)
Полезный объем, м³	0,28	0,37	0,3
Температура, °С	5	4—6	6
Максимальная загрузка, кг	120	120	120
Холодильный агрегат	ФАК-0,7Е (на 2 витрины)	ФАК-0,7Е (на 2 витрины)	ФАК-1,1Е
Зарядка, кг			
фреон	2,5	2,5	3,8
масло	1,05	1,05	1,05
Габариты, мм			
длина	1960	2000	2000
ширина	1070	845	920
высота			
Масса, кг	135	180	285

Показатели	4ХПН	ПН-0,4	П-10
Полезный объем, м³	0,4	0,43	0,17
Температура, °С	—10÷—6	—15÷—13	—15÷—13
Максимальная загрузка продуктами, кг	150	100	50
Агрегат	ФАК-0,7Е	ВН-0,35~3	ФАК-0,7
Зарядка, кг			
фреон	2,15	1,3(Ф-22)	2,5
масло	1,05	2,7 (ХФ-22)	1,05
Габариты, мм			
длина	2000	2000	1000
ширина	800	800	840
высота	975	900	825
Масса, кг	150	230	750

Таблица 37

рины

двухъярусная для овощей и фруктов В-2Ф	трехъярусная В-3 (ЗВ-13)	демонстрационная ВД-3	демонстрационная ВД-Ц (ВД-4)	низкотемпературная ВН-С	низкотемпературная ВН-П
0,3	0,5	0,7	0,8	0,3	0,2
6	5	0—2	4—5	—15÷—13	—15÷—10
120	180	150	200	100	100
ФАК-1,1Е	ФАК-1,5М	ФАК-1,1	ФАК-1,1Е	ФАК-1,5М	ВН-0,55~3
3,8	6,5	3,8	3,8	6,5	1,6(Ф-22)
1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	2,7(ХФ-22)
2000	2000	2400	1770	2000	2000
1010	1100	800	520	800	800
365	365	720	440	300	25

Таблица 38

П-10В	ПН-0,2	СН-0,15
0,17	0,2	0,15
—15÷—13	—15÷—13	—15÷—13
50	50	50
ВН-0,35~3	ВН-0,35~3	ВН-0,35~3
1,3(Ф-22)	1,3(Ф-22)	1,3(Ф-22)
2,7 (ХФ-22)	2,7(ХФ-22)	2,7(ХФ-22)
1330	1400	1260
740	800	840
825	900	860
200	190	200

Таблица 39

Показатели	ПВ-П	ПВ-Пв	АПВ-1	«Пингвин»	«Пингвин В»	ПВ-М для молочных продуктов	ПВ-С для самообслуживания
Полезный объем, м³							
прилавка	0,48	0,3	0,35	0,35	0,2	0,5	0,23
витрины	0,28	0,28	0,12	0,12	0,12	0,06	0,18
Максимальная загрузка продуктами, кг	280	200	100	100	100	—	290
Температура, °С							
в прилавке	2—4	2—4	2—4	2—4	2—4	3—5	2—4
в витрине	4—6	4—6	4—10	4—6	4—6	4—6	4—6
Холодильный агрегат	ФАК-0,7Е	ВС-07~3	ФАК-0,7Е	ФАК-0,7Е	ВС-0,55~3	ВС-0,45~3	ФАК-0,7Е
Зарядка, кг							
фреон	2,5	2,0	2,5	2,5	2,0	2,5	2,0
масло	1,05	2,7	1,05	1,05	2,4	1,05	2,7
Габариты, мм							
длина	1960	1960	2000	2040	2040	2000	2000
ширина	1070	1070	1090	1180	1180	930	800
высота	1250	1250	1300	1325	1325	1260	1050
Масса, кг	210	270	390	300	350	250	230

Продолжение

Показатели	ПВ-Ш школьный	ПВ-Б для буфетов	ПВ-Р «Снежинка»	ПС-С стойка для соков	ПМ для разливного молока	П-К для коктейлей
Полезный объем, м³						
прилавка	—	0,28	0,25	0,42	0,3	—
витрины	—	0,32	—	—	—	—
Максимальная загрузка продуктами, кг	40	115	—	114	100	80
Температура, °С						
в прилавке	2—4	3—5	3—5	3—6	3—5	—15÷—5
в витрине	4—6	6—8	6—8	—	—	5
Холодильный агрегат	ВС-0,45~3	ФАК-0,7Е	ФАК-0,7Е	ВС-0,45~3	ФАК-0,7Е	ФАК-0,7Е
Зарядка, кг						
фреон	1,4	2,5	2,5	1,4	2,5	2,5
масло	2,4	1,05	1,05	2,4	1,05	1,05
Габариты, мм						
длина	2068	1500	1620	1835	1965	2016
ширина	1044	850	950	630	785	864
высота	1035	1370	1150	1250	870	1405
Масса, кг	400	200	300	—	350	400

Таблица 40

Показатели	«Таир-10»	«Таир-102»	«Таир-202»	«Таир-131»	«Таир-154»	«Таир-132»
Полезный объем, м³						
прилавка	—	0,09	—	0,09	0,9	0,09
витрины	0,32	0,18	0,18	0,22	0,22	0,43
Температура, °С						
в прилавке	—	2—4	—	2—4	2—4	2—4
в витрине	2—4	4—6	2—4	4—6	4—6	4—6
Зарядка, кг						
фреон	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,8
масло	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Холодильный агрегат	ВС-1,1~3	ВС-0,7~3	ВС-0,7~3	ВС-0,7~3	ВС-0,7~3	ВС-1,1~3
Максимальная загрузка продуктами, кг	120	100	60	110	110	140
Габариты, мм						
длина	1800	1800	1800	1800	1800	1800
ширина	1650	1050	1050	750	1750	750
высота	1350	900	900	1350	1350	1880
Масса, кг	300	250	—	300	—	350

Продолжение

Показатели	«Таир-152»	«Таир-146»	«Таир-22»	«Таир-106»	«Таир-206»	«Таир-250»
Полезный объем, м³						
прилавка	0,09	0,09	0,2	0,09	—	—
витрины	0,43	0,43	—	0,22	0,22	0,22
Температура, °С						
в прилавке	2—4	2—4	—15÷—13	2,4	—	—
в витрине	4—6	4—6	—	4,6	2—4	—12÷—10
Зарядка, кг						
фреон	2,8	2,8	Ф-22	2,0	2,0	1,3 (Ф-22)
масло	2,7	2,7	ХФ-22	2,7	2,7	2,7 (ХФ-22)
Холодильный агрегат	ВС-1,1~3	ВС-1,1~3	ВН-0,35~3	ВС-0,7~3	ВС-0,7~3	ВН-0,35~3
Максимальная загрузка продуктами, кг	140	140	50	100	80	60
Габариты, мм						
длина	1800	1800	1800	1800	1800	1800
ширина	750	750	750	1070	1070	1070
высота	1880	1880	940	1200	1200	1200
Масса, кг	—	—	190	—	—	—

лена в табл. 37—39. Все охлаждаемые прилавки и прилавки-витрины имеют тепловую изоляцию из пенопласта или мипоры, находящуюся между наружной и внутренней обшивками. На витринах, как правило, имеется двойное остекление для уменьшения теплопритоков.



Рис. 103. Охлаждаемое оборудование «Таир»:
а — Таир-102; *б* — Таир-10; *в* — Таир-171; *г* — Таир-106; *д* — Таир-132.

С целью создания единого комплекса охлаждаемого оборудования для продовольственных магазинов был разработан и начат выпуск оборудования типа «Таир» (рис. 103). Техническая характеристика изделий «Таир» представлена в табл. 40.

Изделия «Таир» обозначаются следующим образом. Две последние цифры соответствуют номерам архитектурно-художественного проекта. Изделия с двухцифровым номером не имеют прилавка, с трехцифровым имеют. Изделия с номером 100 (например, 102, 131, 154) — это прилавки-витрины; с номером 200 (например, 202, 206, 250) — охлаждаемые витрины; с номером 300 — неохлаждаемое оборудование.

Глава 8

СПЕЦИАЛЬНОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

§ 1. ЛЬДОГЕНЕРАТОРЫ

Льдогенераторы предназначены для приготовления искусственного льда. В зависимости от назначения они подразделяются на промышленные, транспортные и торговые. Производительность промышленных льдогенераторов от 0,5 до 200 т льда в сутки, торговых от 60 до 700 кг в сутки.

Льдогенераторы вырабатывают лед разной формы — плиточный, блочный, цилиндрический, чешуйчатый и кубиковый. Для производства блочного льда воду замораживают в металлических формах из листовой стали квадратного сечения и с небольшим конусом. Масса одного блока от 5 до 50 кг. Цилиндрический лед изготовляют в виде пустотелых цилиндров диаметром 50 мм и длиной от 50 до 100 мм. Плиточный, блочный и цилиндрический лед перед использованием дробят на куски размерами от 25 до 50 мм.

На предприятиях пищевой промышленности, медицины и общественного питания применяют чешуйчатый лед толщиной скорлуп 3—4 мм и кубиковый лед толщиной 12—20 мм. Такой лед пригоден к использованию в производстве без дополнительного дробления.

В состав оборудования льдозаводов входят льдогенераторы, установки для химической обработки воды, оборудование для переработки блоков и цилиндров в дробленый лед, склады с охлаждающими устройствами для временного хранения льда. Производительность льдозаводов от 10 до 250 т льда в сутки.

Льдогенератор для производства чешуйчатого льда. Основным элементом их является вращающийся стальной цилиндр-испаритель, установленный в баке, наполовину заполненном водой. Цилиндр вращается от электродвигателя через понижающий редуктор, частота вращения его 8—12 об/мин.

В цилиндр-испаритель через входное отверстие полого вала подается жидкий холодильный агент, который кипит и охлаждает его стенки. Пары через другое отверстие отсасываются компрессором. На охлажденной наружной

поверхности цилиндра намерзает корочка льда, которая срезается резцом в виде скорлуп, собираемых в ларь.

Торговые льдогенераторы. Эти льдогенераторы предназначены для приготовления прозрачного кубикового льда непосредственно на предприятиях общественного питания (в кафе, барах, ресторанах).

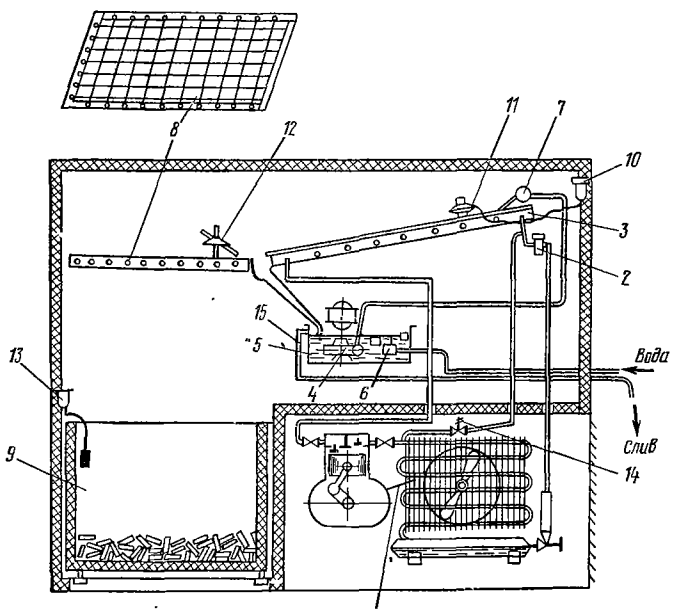


Рис. 104. Схема льдогенератора ЛГ-10М:

1 — холодильный агрегат; *2* — терморегулирующий вентиль; *3* — испаритель; *4* — водяной насос; *5* — поддон насоса; *6* — поплавковый клапан; *7* — коллектор распределения воды; *8*—режущая решетка; *9*—бункер; *10*—термостат льда; *11*—корпус датчика термостата льда; *12* — ртутный переключатель; *13* — термостат бункера; *14* — соленоидный вентиль; *15* — сливная трубка.

Льдогенератор ЛГ-10М (рис. 104) представляет собой напольный шкаф, внутри которого размещены камера для приготовления льда, бункер для хранения льда и машинное отделение. Камера и бункер сделаны с двойными стенками из стальных и алюминиевых листов, между которыми уложена тепловая изоляция из пенопласта толщиной 70 мм.

Машинное отделение имеет одинарную стенку с решетками для циркуляции воздуха. На передней стенке имеются съемные крышки. Бункер перемещается на роликах в направляющих.

Оборудование льдогенератора состоит из фреонового холодильного агрегата, трубчато-змеевикового испарителя с внешней наклонной плоскостью из листовой стали, водяного центробежного насоса, режущей решетки из нихромовой проволоки диаметром 0,5 мм и автоматических приборов.

Льдогенератор работает автоматически. При включении холодильного агрегата через трубку контура обогрева льда и терморегулирующий вентиль в змеевик испарителя подается жидкий фреон-12. Фреон кипит и охлаждает внешнюю наклонную плоскость, по которой непрерывно тонким слоем протекает вода, подаваемая центробежным насосом. Часть воды замерзает на поверхности испарителя, образуя слой льда в форме пластины, а остальная стекает обратно в поддон. Уровень воды в поддоне регулируется поплавковым клапаном.

Толщина намерзаемого льда регулируется высотой подъема корпуса датчика термостата льда над плоскостью испарителя. Когда толщина льда достигнет заданной толщины и коснется корпуса датчика, температура в нем понизится, разомкнется цепь управления, остановится центробежный насос и откроется соленоидный вентиль на трубопроводе горячих паров фреона. В этот момент по отдельной трубке диаметром 8 мм, минуя терморегулирующий вентиль, в змеевик испарителя начнут поступать горячие пары фреона. В результате подогрева испарителя лед снизу подтаивает и сползает на режущую решетку. Во время перемещения пластина льда отклоняет кронштейн с ртутным переключателем, контакты которого выключают соленоидный вентиль. Одновременно включается насос, и цикл повторяется.

Струны режущей решетки при работе льдогенератора находятся под напряжением 12 В. Плита льда на решетке режется струнами, и кубики льда падают в бункер. При наполнении бункера контакты термостата бункера размыкают цепь управления магнитного пускателя и льдогенератор выключается. При расходовании льда из бункера и повышения температуры датчика термостата бункера льдогенератор автоматически включается.

Техническая характеристика ЛГ-10М

Производительность при температуре воды 20—30° С, кг/ч	3—3,2
Толщина льда, мм	13—18
Размеры кубиков, мм	38×32
Емкость бункера, кг	70
Холодильный агрегат	ФАК-1,1Е
Рабочее напряжение, В	220/380
Мощность электродвигателя насоса, Вт	50
Напряжение на режущей решетке, В	12
Габариты льдогенератора, мм	1250×760×1280
Масса, кг	280

Льдогенераторы марки ЛГ-350 по конструкции аналогичны льдогенератору ЛГ-10М.

Техническая характеристика ЛГ-350

Производительность, кг/сутки	40÷50
Толщина льда, мм	8÷16
Размеры кубика льда, мм	32×32
Емкость бункера, кг	25
Допустимое давление воды на входе, Па	$(0,2 \div 6)10^5$
Холодильный агрегат	ВСр-0,35—1АЛ
Напряжение сети переменного однофазного тока, В	220
Установленная мощность электрооборудования, кВт	0,3
Габариты, мм	550×682×1100
Масса, кг	110

§ 2. КОНДИЦИОНЕРЫ

Кондиционированием называется автоматическое поддержание параметров (температуры и влажности) воздуха, наиболее благоприятных для самочувствия людей (комфортное кондиционирование) или для технологического процесса (технологическое кондиционирование).

Для комфортных условий в летнее время температура воздуха должна быть 20—22° С, а влажность 45—50%. Для технологического кондиционирования температура воздуха помещения изменяется в более широких пределах в зависимости от технологического процесса.

Кондиционирование воздуха обеспечивается кондиционерами, в которых воздух обрабатывается по разным схемам — летней, зимней или круглогодичной. Обработка по летней схеме заключается в охлаждении и подсушивании воздуха.

На рис. 105, *а* показана принципиальная летняя схема кондиционера с обводным каналом. В охладитель кондиционера *1* поступает смесь воздуха, состоящая из части воздуха помещения (рециркуляционный воздух) и наружного воздуха. В охладителе смесь воздуха охлаждается и подсушивается вследствие выпадения влаги. После

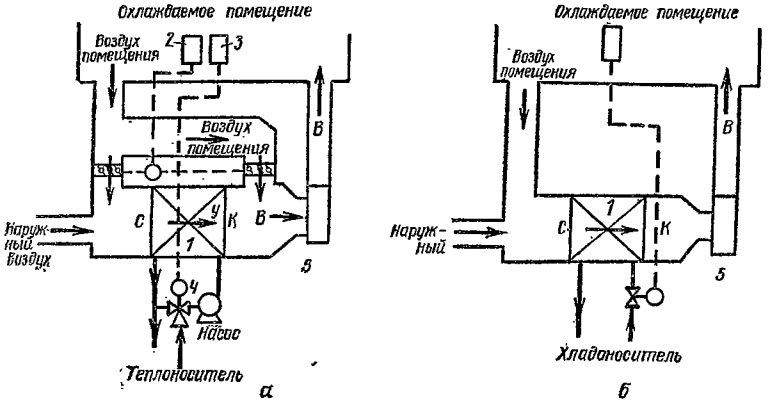


Рис. 105. Летняя схема кондиционирования:

а — с обводным каналом; *б* — упрощенная: *1* — охладитель, *2* — регулятор температуры, *3* — регулятор влажности, *4* — вентиль, *5* — вентилятор, *С* — смесь наружного и рециркуляционного воздуха, *С — К* — охлаждение и осушение воздуха, *В* — воздух, подаваемый в помещение.

охладителя к смеси добавляется неохлажденная часть воздуха помещения, поступающая по обводному каналу. Обработанный в кондиционере воздух подается в помещение вентилятором.

Температура и влажность воздуха помещения регулируются створчатыми клапанами, которые имеют автоматическое управление от регулятора температуры *2* с датчиком, размещенным в кондиционируемом помещении. Если температура воздуха помещения повышается, регулятор с помощью исполнительного механизма увеличивает открытие створчатых клапанов. При этом увеличивается объем воздуха помещения, поступающего на охладитель, и уменьшается часть его, проходящая через обводной канал. Количество тепла, отводимого от циркулирующего воздуха,

увеличивается, и в помещении восстанавливается заданная температура.

Степень осушения воздуха зависит от температуры охлаждающей поверхности охладителя воздуха, которая регулируется температурой поступающего теплоносителя. Подача теплоносителя регулируется автоматически вентилем, управляемым регулятором влажности *3* (гигростатом), который размещен в помещении. Когда влажность воздуха в помещении повышается, гигростат через исполнительный механизм увеличивает подачу холодной воды. Если влажность воздуха в помещении понижается, увеличивается подача теплой воды.

На рис. 105, *б* показана упрощенная летняя схема, применяемая в небольших кондиционерах с фреоновой холодильной машиной непосредственного охлаждения. Смесь наружного воздуха и рециркуляционного воздуха охлаждается и подсушивается в воздухоохладителе *1* до состояния в точке *К*. Обработанный воздух подается в помещение вентилятором. Температура воздуха помещения регулируется терморегулятором *Т*. При увеличении температуры помещения выше заданной включается холодильная машина, а при понижении температуры машина выключается. Специальное регулирование влажности воздуха в упрощенной схеме кондиционера не производится.

Установки кондиционирования воздуха в зависимости от степени централизации составляющих элементов можно подразделить на три основные системы: центральную, местную и автономную.

В центральной системе производство тепла, холода и обработка воздуха до требуемой кондиции сосредоточены в одном центральном устройстве — кондиционере. Доведенный до заданной температуры и влажности воздух по системе каналов подается в помещение с помощью вентилятора.

В местной системе централизовано только получение тепла и холода, воздух обрабатывается до заданных параметров в небольших местных кондиционерах, установленных в помещениях, для которых предусматривается кондиционирование. В местные кондиционеры теплая и холодная вода непрерывно по трубопроводам подается насосом.

При автономной системе кондиционирования получение холода, тепла и обработки воздуха децентрализованы, т. е. осуществляются отдельными кондиционерами с вклю-

ченной в них холодильной машиной и нагревательными устройствами. Автономные кондиционеры устанавливаются непосредственно в помещении или объекте, где необходимо кондиционировать воздух.

Автономное кондиционирование по сравнению с другими системами имеет следующие преимущества: первоначальная стоимость кондиционеров невысока, требуется малая площадь, не требуются прокладки воздуховодных каналов и трубопроводов для теплоносителей. Автономное кондиционирование находит широкое применение в предприятиях торговли и общественного питания; на транспорте (в пассажирских вагонах, автобусах, самолетах); у пультов управления металлургических заводов и кабинах мостовых кранов литейных цехов, в кабинах тракторов; в жилых помещениях и т. д.

По размерам и характеру обслуживаемых помещений автономные кондиционеры подразделяются на комнатные, квартирные и зальные.

Комнатные кондиционеры используются для обслуживания небольшого помещения. По месту установки они различаются между собой на оконные, подоконные и внутристенные.

Комнатный оконный кондиционер «Азербайджан» (рис. 106) предназначается для летнего кондиционирования жилых комнат и небольших помещений общественного назначения. Он состоит из металлического корпуса с двумя отсеками, в котором размещены герметичный компрессор, испаритель, конденсатор, осевой и центробежный вентиляторы, заслонки для удаления воздуха из помещения и заслонка приточного воздуха, фильтр, панель управления. На панели расположены ручка терморегулятора, пускатель холодильного компрессора, пускатель вентилятора и ручка управления заслонками. Регулирующим устройством холодильной машины служит капиллярная труба *10*. Управление работой кондиционера автоматическое.

Монтируется он в оконном проеме. Отепленный воздух помещения, через щелевую решетку и фильтр, всасывается центробежным вентилятором в кондиционер. Вентилятор направляет поток воздуха на испаритель, где, соприкасаясь с ребристой поверхностью труб, воздух охлаждается и через верхние щели кожуха нагнетается снова в помещение. Для охлаждения конденсатора и вентиляции помещения наружный воздух поступает через жалюзные щели

боковых стенок внешней части корпуса, а выбрасывается через щели задней стенки. При вентиляции помещения воздух удаляется наружу через щели в перегородке между отсеками и регулируется заслонкой *8*. Приток свежего воздуха производится через щели перегородки и регулируется заслонкой *9*.

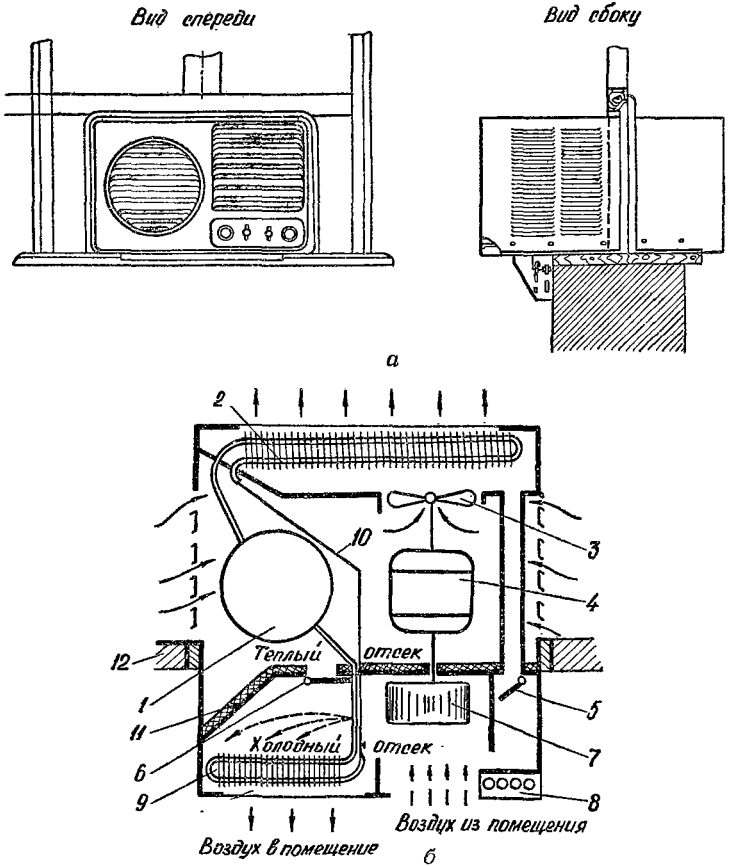


Рис. 106. Оконный кондиционер «Азербайджан»: *а* — общий вид; *б* — схема:

1 — герметический компрессор, *2* — конденсатор, *3* — осевой вентилятор, *4* — электродвигатель вентилятора, *5* — заслонка вентиляции, *6* — заслонка выпуска воздуха, *7* — центробежный вентилятор, *8* — пульт управления, *9* — испаритель, *10* — капиллярная трубка, *11* — изолированная перегородка между отсеками, *12* — стена.

В схеме предусмотрена возможность раздельной работы вентилятора и компрессора, что позволяет осуществить вентиляцию помещения при неработающей холодильной машине. Пуск компрессора возможен только при работающем вентиляторе.

Техническая характеристика кондиционера «Азербайджан-2»

Холодопроизводительность, ккал/ч . . .	1600
Холодильный агент	Фреон-22
Подача охлажденного воздуха, м³/ч . .	400
Объем охлаждаемого помещения, м³ . .	50—100
Потребляемая мощность, кВт	0,7—1,3
Напряжение, В	127
Частота вращения вала компрессора, об/мин	1450
Масса, кг	85

Зальный шкафной кондиционер «Харьков» предназначен для автоматического охлаждения, осушки и фильтрации воздуха в служебных помещениях, магазинах, кафе и пр. Кондиционер «Харьков» при необходимости может быть переключен с помощью четырехходового вентиля в режим теплового насоса.

Кондиционер «Харьков» (рис. 107) представляет собой металлический шкаф высотой около 2 м с дверью и съемной

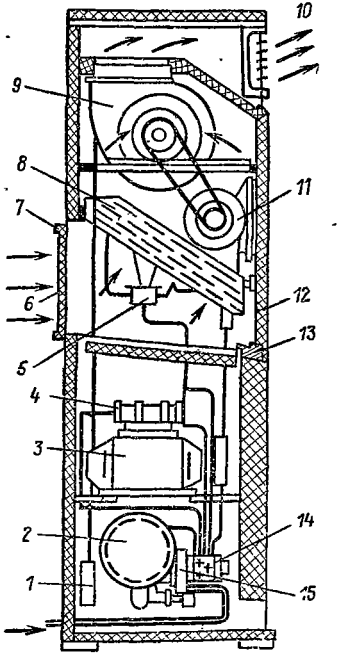


Рис. 107. Шкафной кондиционер «Харьков»:

1 — электроаппаратура, *2* — кожухотрубный конденсатор, *3* — электродвигатель, *4* — компрессор ФВ-4, *5* — распределитель жидкого фреона, *6* — масляный воздушный фильтр, *7* — воздухозаборный патрубок, *8* — испаритель ребристый трубчато-змеевиковый, *9* — центробежный вентилятор, *10* — решетка выпуска воздуха, *11* — электродвигатель вентилятора, *12* — корпус с теплозвуковой изоляцией, *13* — поддон, *14* — четырехходовой вентиль ручного переключения на режим охлаждения или нагрева воздуха в кондиционере, *15* — водорегулирующий вентиль.

панелью. Внутри шкаф разделен горизонтальной перегородкой на два отделения: машинное и воздухообрабатывающее. В машинном отделении размещен компрессорно-конденсаторный агрегат ИФ-49М и панель для электроприборов, в воздухообрабатывающем отделении — испаритель и вентилятор. В стенах шкафа с внутренней стороны имеется слой тепловой изоляции из пенополиуретана. В комплект кондиционера входят фреоновый холодильный агрегат, трубчато-змеевиковый ребристый испаритель из медных труб; двусторонний центробежный вентилятор; распределитель жидкого фреона; масляный фильтр, четырехходовой вентиль, пусковая электроаппаратура; датчик температуры и другие приборы автоматики. При работе кондиционера под действием вентилятора воздух помещения поступает через сборный патрубок и масляный фильтр, расположенные в задней стенке шкафа. Проходя через испаритель, воздух охлаждается и через решетку в верхней части шкафа выбрасывается снова в помещение.

Работа кондиционера полностью автоматизирована. Переключение с режима охлаждения на режим подогрева осуществляется вручную с помощью четырехходового вентиля.

§ 3. БЫТОВЫЕ ХОЛОДИЛЬНИКИ

Бытовые холодильники предназначаются для кратковременного хранения охлажденных и замороженных пищевых продуктов в домашних условиях и в небольших буфетах.

Техническая характеристика кондиционера «Харьков» модели 17-00

Холодопроизводительность, ккал/ч	6000
Холодильный агент	Фреон-12
Подача охлаждаемого воздуха, м³/ч	1700
Расход охлаждаемой воды, м³/ч	1,2
Марка холодильного агрегата	ИФ-49
Установленная мощность электродвигателя, кВт	
компрессора	2,8
вентилятора	0,25
Напряжение трехфазного переменного тока, В	220/380
Габариты, мм	1990×950×600
Масса, кг	500

Бытовой холодильник представляет собой металлический шкаф с холодильной камерой и автоматической холодильной машиной.

По способу получения холода бытовые холодильники разделяются на компрессионные, абсорбционные и термоэлектрические; по емкости холодильной камеры — на малые, средние и большие. К малым относятся холодильники емкостью холодильной камеры 45—100 дм³; средним — 100—170 дм³ и большим — 170—350 дм³. Холодильники могут иметь одну или две камеры. Бытовые холодильники с одной камерой предназначаются для хранения только охлажденных продуктов. Температура камеры в них поддерживается в пределах 8÷—2° С и в морозильном отделении до —10° С. Холодильники с двумя камерами используют для хранения охлажденных продуктов и для замораживания продуктов, для чего служит низкотемпературная камера, в которой поддерживается температура —18÷÷—25° С.

Нормы загрузки камер бытовых холодильников для хранения охлажденных пищевых продуктов 6—10 кг на 100 дм³ объема камеры и 0,3—0,6 кг на 1 дм³ объема морозильного отделения.

Предусмотрено изготовление четырех основных типов компрессионных холодильников и три типа абсорбционных, отличающихся местом установки. Например, тип КС — компрессионный «стол» — для размещения холодильника в линии кухонного оборудования, тип КВ — встроенный в кухонное оборудование, тип КШ — компрессионный в виде напольного шкафа, тип КН — размещаемый на стене в подвешенном состоянии. Типы абсорбционных холодильников соответственно обозначаются: АС, АВ и АШ.

Долговечность работы бытового холодильника не менее 15 лет. При температуре наружного воздуха 32° С в камере бытового холодильника поддерживается температура не выше 5° С. Для морозильных отделений новых типов холодильников установлены три значения температур: —6; —12; —18° С. На дверке испарителя указанные температуры отмечены соответственно одной, двумя и тремя звездочками.

Характеристика наиболее распространенных отечественных моделей бытовых холодильников дана в табл. 41.

Таблица 41

Показатели	«Саратов ПМ»	«Ока», «Мир», «Тамбов»	«Ока-3»	«Днепр»	«ЗИЛ-Москва»	«ЗИЛ-Москва»	«ЗИЛ-Москва»	«Саратов-3»
Модель	КХШ-85	ДХ-120	КШ-200	ДХ-2М	ДХ-3М	КХ-240	62	КС-120
Габариты, мм								
высота	912	1200	1200	1325	1325	1375	1410	930
ширина	542	590	590	640	640	640	590	560
глубина	610	590	650	620	620	690	720	610
Масса, кг	80	92	80	100	100	105	95	80
Емкость								
камеры	98	120	200	165	165	240	250	120
морозильного отделения	7	18,5	28	12	12	30	26	12,5
Площадь полок, м²	0,55	0,62	1,04	0,75	0,75	1,27	1,36	0,71
Загрузка продуктов, кг	25	30	50	35	35	60	62	30
Коэффициент рабочего времени при $t_{окр}$=20°С, $t_{шк}$= 3°С	0,22	0,22	0,26	0,23	0,23	0,27	—	0,22
Потребляемая мощность, Вт	130—150	110—140	120—145	110—140	110—140	130—155	—	110—140
Расход электроэнергии за сутки, кВт·ч	—	0,56	0,75	0,69	0,69	0,98	1,2	0,66

Продолжение

Показатели	«Орск»	«Юрюзань»	«Мииск-2»	«Сарма», «Нистру»	«Смоленск»	«Бирюса», «Памир»	«Полюс»	«Чайка»
Модель	КШ-160	ДХ-175	КС-120	ДХ-3М	КС-120	КШ-160	КШ-160	ТЭХ-40
Габариты, мм								
высота	1160	1280	930	850	960	850	1165	586
ширина	560	580	560	1000	586	1000	560	475
глубина	606	590	540	425	590	40	615	460
Масса, кг	75	95	65	60	60	60	70	30
Емкость								
камеры	160	175	115	120	120	160	160	40
морозильного отделения	16	20	13	10	10	16	16	—
Площадь полок, м^2	0,80	0,80	0,69	0,75	0,76	0,80	0,8	—
Загрузка продуктов, кг	35	40	30	35	35	35	35	—
Коэффициент рабочего времени при $t_{окр} = 20°C$, $t_{шк} = 3°C$	—	0,22	0,23	—	—	—	—	—
Потребляемая мощность, Вт	110—150	115—140	110—140	105—120	—	110—150	110—150	65—90
Расход электроэнергии за сутки, кВт·ч	—	0,72	0,79	—	—	—	—	—

Компрессионные холодильники

Компрессионные холодильники состоят из двух основных частей — корпуса с холодильной камерой и холодильного агрегата. Устройство типового компрессионного холодильника «ЗИЛ-Москва» марки КХ-240 (рис. 108) следую-

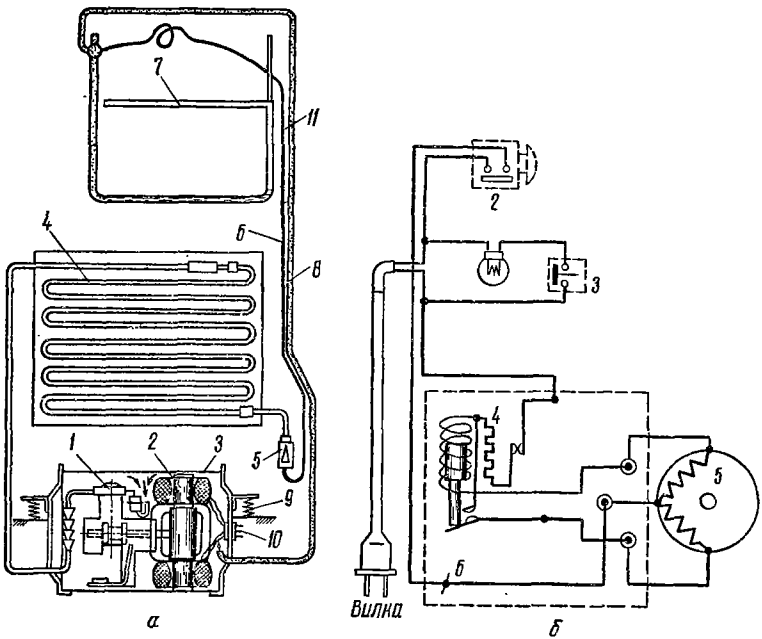


Рис. 108. Бытовой компрессионный холодильник КХ-240:

а — схема агрегата: *1* — герметичный компрессор, *2* — однофазный электродвигатель, *3* — кожух, *4* — конденсатор, *5* — фильтр, *6* — капиллярная трубка, *7* — испаритель, *8* — всасывающая трубка, *9* — подвесные пружины, *10* — проходные контакты, *11* — место пайки капиллярной и всасывающей трубок; *б* — монтажная электросхема: *1* — вилка, *2* — термостат, *3* — выключатель лампы, *4* — тепловое реле, *5* — электродвигатель, *6* — пусковое реле.

щее. Корпус сварной конструкции выполнен из стальных листов толщиной 1 мм. В корпусе расположена холодильная камера сварной конструкции из низкоуглеродистой листовой стали. Передней стенкой камеры служит дверь холодильника, установленная на шарнирных навесах. В задних стенках корпуса и камеры имеются окна со съем-

ными крышками, предназначенные для монтажа и снятия испарителя. Между стенками корпуса и камеры уложена тепловая изоляция из штапельного стекловолокна или пенопласта толщиной 70 мм.

Дверь холодильника состоит из стальной вогнутой обечайки и внутренней панели с углублениями, предназначенными для хранения продуктов и напитков в таре. Между обечайкой и панелью также имеется теплоизоляция. Дверь снабжена затвором. На внутренней стороне двери прикреплена уплотнительная резина специального профиля. Наружная поверхность корпуса окрашена белой нитроэмалевой краской. Внутренняя поверхность камеры покрывается белой титановой эмалью. В верхней части камеры размещен испаритель, под испарителем установлен поддон для сбора талой воды и сохранения низкой температуры в морозильном отделении. В нижней части камеры установлены съемные решетчатые полки для продуктов. Холодильник снабжается бачком с крышкой для хранения жидких блюд или фруктов и овощей, выделяющих большое количество влаги. Камера имеет электрическое освещение.

Холодильный агрегат холодильника КХ-240 состоит из герметичного компрессора, алюминиевого прокатно-сварного конденсатора воздушного охлаждения, фильтра, дроссельной трубки, алюминиевого прокатно-сварного испарителя и осушителя. Холодильный агрегат заряжен сухим фреоном-12.

При работе агрегата компрессор всасывает пары фреона из кожуха и после сжатия их нагнетает в конденсатор. Из конденсатора жидкий фреон проходит через фильтр, дросселируется в капиллярной трубке и одновременно переохлаждается холодными парами фреона, проходящими по всасывающей трубке, которая припаяна к капиллярной. В испарителе фреон кипит и понижает температуру камере. Насыщенные холодные пары фреона из испарителя поступают в кожух компрессора и охлаждают обмотку статора электродвигателя.

Фреоновый компрессор одноцилиндровый, поршневой, непрямоточный. Диаметр его цилиндра 27 мм, ход поршня 16 мм, частота вращения вала 1430 об/мин, холодопроизводительность 140 ст. ккал/ч.

Корпус и цилиндр чугунные, отлиты одной деталью. Коренными подшипниками вала служат расточки в корпусе и чугунной вставной втулке. Вал стальной эксцентрико-

вый с радиусом кривошипной части 8 мм. Шатун чугунный с нижней разъемной головкой без заливки баббита и без прокладок. Поршень стальной, без поршневых колец, с двумя канавками для масла. Уплотнение в цилиндре обеспечивается малым зазором (10—16 мкм), достигаемым селективной сборкой и наличием пленки масла. Клапаны пластинчатые из пружинной стали, размещены в стальной головке цилиндра. Смазка шеек вала, пальца и цилиндра — принудительная от плунжерного насоса, расположенного в корпусе компрессора; привод непосредственный. Компрессор и встроенный однофазный электродвигатель закреплены четырьмя болтами в стальном герметичном сварном кожухе. Кожух опирается на две внешние пружинные подвески, что обеспечивает бесшумную работу агрегата.

Конденсатор алюминиевый, прокатно-сварной, выполнен в форме плоской трубы. Поверхность охлаждения его равна 0,75 м². Конденсатор изготовлен из двух алюминиевых листов-заготовок толщиной 3 мм. Изготовление таких аппаратов производится в следующем порядке: на плоскость одной заготовки специальной пастой наносят рисунок каналов. Затем рисунок закрывают второй заготовкой. Сложенные заготовки из алюминиевых листов подвергают прокатке под высоким давлением, в результате чего они свариваются, несваренными остаются места с нанесенной краской. После сварки заготовки укладывают в матрицу и производят расширение каналов с применением воды с давлением от 80 до $100 \cdot 10^5$ Па. Внешняя поверхность конденсатора покрывается специальным лаком с целью защиты его от коррозии.

Конденсаторы других марок холодильников изготовляют из медных трубок диаметром 5 мм и толщиной стенок 1 мм в виде змеевика с оребрением из стальной проволоки диаметром 2 мм.

Испаритель алюминиевый, прокатно-сварной, с системой внутренних каналов, в которых кипит фреон. Метод изготовления его аналогичен методу изготовления конденсатора. Две горизонтальные стенки обеспечивают интенсивное охлаждение воздуха камеры. С внешней стороны на вертикальной стенке расположен паросборник, а в нем силикагелевый осушитель.

Испарители других моделей холодильников изготовляют из листовой нержавеющей стали с штампованными каналами. Заготовки из листовой стали соединяют с помощью

газовой сварки по внешнему контуру сплошным швом, а между каналами точечной сваркой.

Осушитель представляет собой гильзу диаметром 14 мм из мелкой латунной сетки, заполненную зернами силикагеля величиной 0,5—1,5 мм. Концы гильзы зажаты пластинками из нержавеющей стали, и с помощью их осушитель припаян к стенке внутри испарителя.

Фильтр состоит из корпуса, выполненного из медной трубки диаметром 12×1 мм. В корпусе расположен фильтрующий элемент в виде усеченного конуса из бронзовых шариков диаметром 0,3 мм.

Для других марок холодильников применяют сетчатые фильтры из латунной проволоки, нержавеющей стали или монельметалла.

Дроссельным устройством служит капиллярная трубка, изготовленная из медной трубки внутренним диаметром 0,8 мм и длиной 3,2 м, впаянная одним концом в фильтр, другим в стенку испарителя на входном канале.

Электрооборудование холодильника состоит из электродвигателя, пускового и теплового реле, контактной группы термостата, электролампы с выключателем и электропроводов. Электродвигатель компрессора встроенный, переменного тока, асинхронный, однофазный с пусковой обмоткой и короткозамкнутым ротором. Напряжение 220 В, мощность 93 Вт. Концы обмотки статора припаяны к проходным стержням в торцевой стенке кожуха. Выводные концы обмотки статора различаются по цвету изоляции: конец рабочей обмотки красный, пусковой обмотки — белый, нулевой провод — черный.

На холодильнике установлены тепловое и пусковое реле марки РТП-1, термостат марки АРТ-2.

Абсорбционные холодильники

Основным достоинством абсорбционных холодильников является простота обслуживания, бесшумная работа и невысокая стоимость, но они менее экономичны (суточный расход электроэнергии у них больше, чем у компрессионных).

В агрегате абсорбционных бытовых холодильников применена абсорбционно-диффузионная схема непрерывного действия (рис. 109).

Агрегат заполнен насыщенным водоаммиачным раствором (750 см³) и газообразным водородом по точно рассчитанной дозировке.

Холодильный цикл протекает в следующей последовательности. Находящийся в генераторе крепкий водоаммиачный раствор подогревается электронагревателем. Из

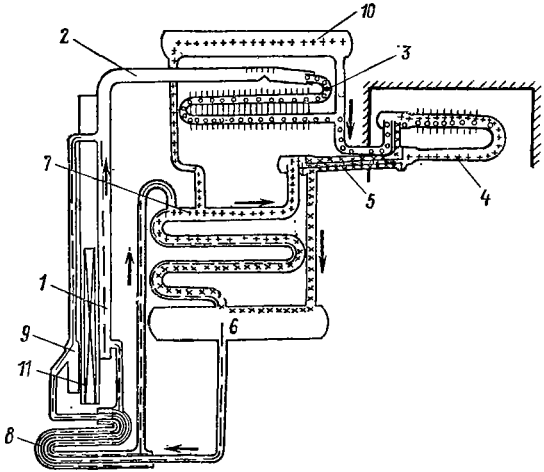


Рис. 109. Бытовой абсорбционный холодильник:
1 — генератор-кипятильник, *2* — ректификатор, *3* — конденсатор, *4* — испаритель, *5* — газовый теплообменник, *6* — бачок абсорбера, *7* — абсорбер, *8* — жидкостный теплообменник, *9* — термосифон, *10* — бачок для водорода, *11* — электронагреватель.

раствора выделяются пары аммиака и некоторое количество паров воды. Смесь поднимается в ректификатор и там разделяется. При этом капли воды возвращаются снова в генератор, а пары аммиака поступают в конденсатор. Жидкий аммиак из конденсатора подается в испаритель, где кипит, превращаясь в пар, и охлаждает воздух в камере холодильника. В испарителе происходит процесс диффузии паров аммиака в слабонасыщенную аммиачно-водородную газовую смесь, поступающую в испаритель из абсорбера. На выходе из испарителя газовая смесь насыщается аммиаком через теплообменник поступает в абсорбер. Одновременно из генератора в абсорбер поступает слабонасыщенный водоаммиачный раствор.

В абсорбере раствор насыщается аммиаком и через бачок, теплообменник и термосифон снова поступает в генератор. Обедненная аммиаком газовая смесь из абсорбера через газовый теплообменник поступает в испаритель. Движение слабого водоаммиачного раствора обеспечивается создающейся разностью уровней жидкости в генераторе и абсорбере, а движение аммиака — разностью давлений аммиака в конденсаторе и испарителе.

Крепкий водоаммиачный раствор из абсорбера в генератор поступает с помощью термосифона.

Водород, заряженный в агрегат, обеспечивает поддержание одинакового давления во всех точках агрегата, благодаря чему функции насоса выполняются термосифоном.

В бытовых абсорбционных холодильниках применяются электрические нагреватели с разными мощностями греющих спиралей (50—70—90 Вт или 60—100 Вт). Электронагреватель представляет собой металлическую гильзу длиной 230 мм и диаметром 22 мм со спиралью из нихромовой проволоки диаметром 0,31 мм. На спираль нанизаны фарфоровые втулки.

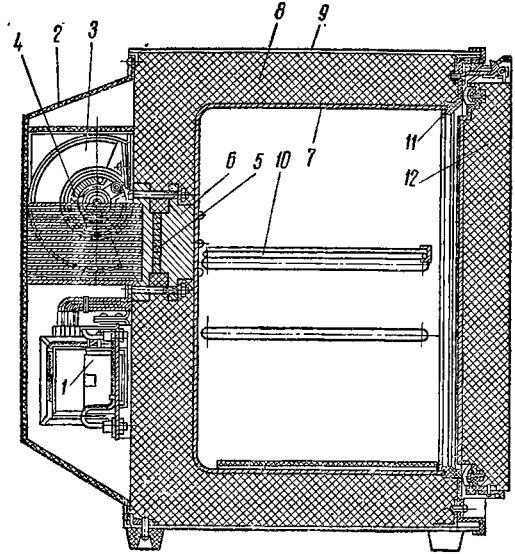
Мощность нагревателя изменяется с помощью ручного или автоматического переключателя.

Электронагреватели изготавливают на напряжение 127 и 220 В. Напряжение указано цифрами, выбитыми на колпачке гильзы. Спираль наименьшей мощности постоянно включена в сеть.

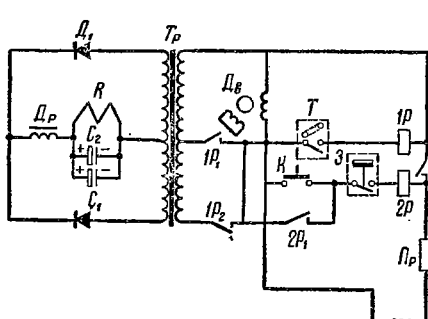
Регулирование достигается подключением спирали большей или меньшей мощности.

Термоэлектрические холодильники

Бытовой термоэлектрический холодильник марки ТЭХ-40 («Чайка») представлен на рис. 110. Полезная емкость 40 л, габариты 586×75×460 мм, масса около 30 кг. Наружная обшивка холодильника выполнена из листовой стали толщиной 0,8 мм и оклеена синтетической пленкой тонированной под дерево, внутренняя обшивка — из листового алюминия толщиной 3 мм. Обе обшивки соединены рамкой из ударопрочного полистирола. Тепловая изоляция из вспененного полиуретана. Дверца снабжена самозащелкивающим замком и уплотнительной резиной. Дверца открывается вниз и может служить столиком. В задней



а



б

Рис. 110. Бытовой термоэлектрический холодильник ТЭХ-40:

а — разрез: *1* — блок питания, *2* — задняя крышка, *3* — вентилятор, *4* — радиатор, *5* — термоэлектрическая батарея, *6* — блок-теплопереход, *7* — внутренняя обшивка, *8* — тепловая изоляция, *9* — наружная обшивка, *10* — полка, *11* — рамка, *12* — дверца; *б* — электрическая схема питания холодильника: *К* — кнопка, *Пр* — предохранитель, *Дв* — электродвигатель, *Т* — терморегулятор, *1Р*, *2Р* — реле, *Тр* — выпрямительный трансформатор, $Д_1$ — диод Д 305, *Др* — дроссель, $С_1$, $С_2$ — конденсаторы, *R* — термоэлектрические батареи, *З* — биметаллический терморегулятор защиты.

стенке холодильника установлены две термоэлектрические батареи, а в каждой батарее 60 последовательно соединенных термоэлементов.

Термоэлементы получены прессованием из промышленных полупроводниковых сплавов. Между термобатареями и внутренней стенкой холодильника, термобатареями и ребристыми радиаторами установлены алюминиевые блоки-теплопереходы. Поверхности деталей, прилегающие к плоскости термобатарей, покрыты анодной электроизоляционной пленкой и смазаны теплопроводной пастой.

На горячей стороне термобатарей на ребристых радиаторах расположено по 18 алюминиевых пластин размером $140 \times 108 \times 2$ мм. Шаг ребра равен 4 мм. Тепло от радиаторов отводится осевым вентилятором К-95 производительностью до 40 м³/ч.

Электродвигатель с вентилятором, воздуховоды, блок электропитания и терморегулятор размещены на задней стенке холодильника под съемной крышкой из полистирола.

Блок электропитания термобатарей работает по схеме двухполупериодного выпрямителя и состоит из силового трансформатора, двух германиевых диодов, дросселя и двух конденсаторов.

Термоэлектрический холодильник ТЭХ-40 обеспечивает температуру в камере 5—2° С. Регулируется он автоматически терморегулятором ТРХ-2А по схеме изменения напряжения, подаваемого на термобатареи. В такой схеме первичная обмотка силового трансформатора разделена на две секции. При повышении температуры в холодильнике терморегулятор включает одну секцию первичной обмотки трансформатора и на термобатареи подается номинальное напряжение. С понижением температуры реле включает обе секции трансформатора, при этом на батареи подается напряжение вдвое меньшее, чем номинальное.

Защита термобатарей от аварийного перегрева обеспечивается биметаллическим терморегулятором, установленным на крайнем ребре радиатора.

Термореле отключает холодильник при температуре радиатора 70° С.

Потребляемая мощность холодильника при номинальном режиме работы и напряжении 220 В — 73 Вт. Температура 5° С в камере достигается примерно через 3 ч после включения.

Глава 9

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В процессе монтажа выполняются следующие работы: разгрузка оборудования, поступившего с завода-изготовителя, доставка оборудования на монтажную площадку и установка его на фундамент, изготовление узлов трубопроводов и арматуры, крепежных конструкций, монтаж оборудования и узлов в соответствии с проектом, испытание и пробный пуск. Завершается монтаж пуско-наладочными работами с достижением холодильной установкой заданных проектом рабочих температур и других параметров.

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Монтажная бригада или звено монтажников приступают к работе по монтажу холодильного оборудования после получения задания от мастера или другого лица инженерно-технического персонала монтажного предприятия. Вместе с заданием мастер передает монтажной бригаде рабочий наряд, план организации работ (ПОР), план расстановки оборудования по проекту, схемы трубопроводов, рабочие чертежи отдельных узлов и деталей, спецификации оборудования и материалов.

Бригада получает необходимый монтажный инструмент и приспособления, монтажные материалы, спецодежду, проходит инструктаж по правилам техники безопасности на рабочем месте.

В плане организации работ отражаются график поставки оборудования, материалов и их монтажа, инструкции по выполнению основных монтажных операций; рабочие схемы расстановки такелажных приспособлений и механизмов; схемы подачи на монтажную площадку электроэнергии, воды, сжатого воздуха и порядок доставки кислорода, карбита кальция или ацетилена.

Холодильные установки относятся к сложному оборудованию. Поэтому до начала их монтажа должны быть выполнены все строительные, отделочные, электромонтажные и вентиляционные работы. Монтаж холодильного оборудования можно вести совместно с санитарно-техническими и наладочными работами по смежным профилям работ.

Перед началом монтажных работ определяют место для кладовой, место для отдыха и курения, выделяется комната для приема пищи, оборудуются постоянные или временные санузлы.

§ 2. ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ МОНТАЖНЫХ И ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ

Контрольно-измерительные инструменты и приборы. Для измерения линейных размеров при монтаже применяют измерительные линейки, ру́летки и складные метры. Для разметки и измерения линейных размеров до 1000 мм, а также для измерения разности высот двух точек предназначены штангенрейсмасы.

Для проверки горизонтальности плоских поверхностей или сопоставления уровней точек, находящихся в различных положениях в пространстве используют уровни. Уровни бывают рамные, брусковые, микрометрические, гидростатические, оптические и др. Для проверки или разметки прямых углов применяют угольники.

Для измерения давления холодильных установок на стороне низкого и высокого давления служат аммиачные и фреоновые мановакуумметры; для измерения давления на стороне высокого давления — манометры. На средних холодильных установках манометры и мановакуумметры смонтированы стационарно на компрессоре, сосудах и аппаратах. Давление в малых

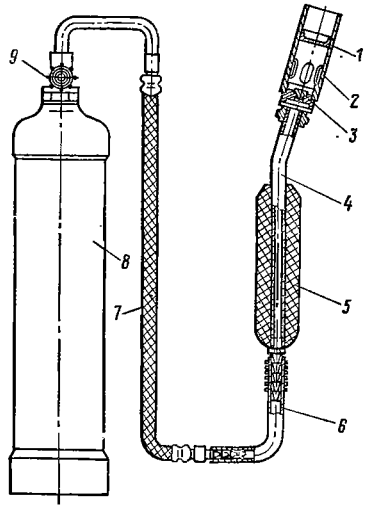


Рис. 111. Горелка для пайки трубок:

1 — форсунка; *2* — корпус горелки; *3* — капсюль; *4* — латунная трубка; *5* — рукоятка; *6* — дюритовая трубка; *7* — бронированный шланг; *8* — баллон с пропан-бутаном; *9* — вентиль.

холодильных установках определяется переносными мановакуумметрами.

Ручные инструменты и приспособления. При монтажных работах используют весь набор слесарного инструмента, а также следующий специальный инструмент.

Бензиновые и пропановые горелки (рис. 111) служат для разогрева паяльников и спаиваемых деталей. Труборезы применяют для резки стальных и медных трубок. Съемники предназначены для съема шкивов, подшипников, муфт и других деталей.

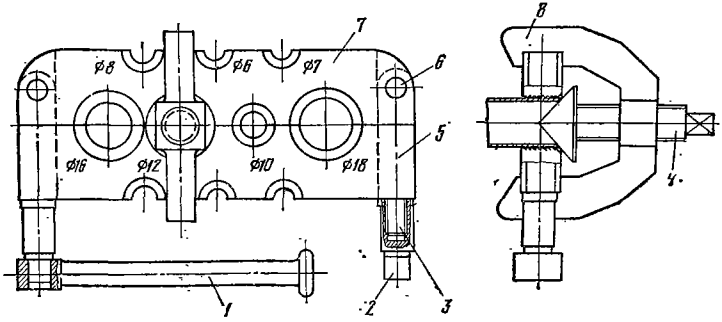


Рис. 112. Разбортовка для медных трубок:
1 — рукоятка, *2* — гайка, *3* — болт, *4* — силовой винт, *5,7* — планка, *6* — ось болта, *8* — захват.

Разбортовки (рис. 112) служат для отбортовки конических обечаек на концах медных трубок под углом 45° к их оси.

Развальцовки применяют для увеличения диаметра труб методом деформации. Они бывают ударными и роликовыми. Шлямбуры используют для пробивки отверстий в кирпичных стенах и перегородках. Трубогибы неукрепляемые (рис. 113) и укрепляемые служат для сгибания медных и стальных труб диаметром от 16 до 40 мм. Домкраты реечные, винтовые и гидравлические применяют для подъема грузов на высоту до 400 мм.

Стропы служат для крепления оборудования и конструкций при подъеме и перемещении. Они бывают универсальными, с петлями и с крюками. Тали червячные и шестеренные, а также лебедки используют для подъема грузов весом до 10 т. Лебедки бывают барабанными и рычажными.

Ацетиленовые горелки и резаки служат для резки и сварки металлических деталей ацетиленовым пламенем. Ацетиленовые генераторы применяют для получения ацетилена из карбида кальция в результате его реакций с водой. Кислородные и ацетиленовые редукторы служат для понижения и поддержания заданного давления, устанавливаются они на баллонах.

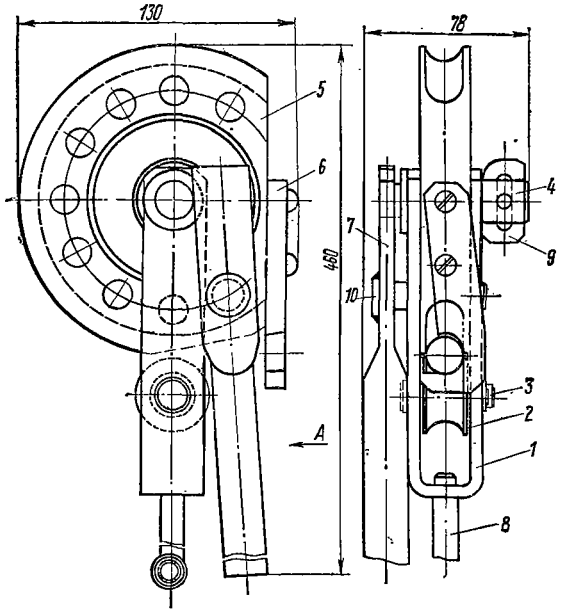


Рис. 113. Трубогиб для медных трубок:
1 — скоба; *2* — ролик; *3* — ось ролика; *4* — ось скобы; *5* — обойма; *6* — крюк; *7* — рукоятка; *8* — ручка скобы; *9* — защелка; *10* — фиксатор.

Монтажные пистолеты используют для вбивания в стены и перекрытия стальных дюбелей силой пороховых газов. Галоидные горелки применяют для обнаружения утечек фреона.

Электрифицированные инструменты, приспособления и оборудование. Электросверлилки применяют при сверлении отверстий до 23 мм в металле и строительных конструкциях. Электрические шлифовальные машины с гибким ва-

лом — для зачистки сварных швов, очистки металлических конструкций от ржавчины, заточки инструмента.

Сверлильные станки служат для просверливания в металлических деталях отверстий до 50 мм и вырезки отверстий в стальных трубах.

Тельферы применяют для подъема грузов весом до 5 т на высоту до 30 м и перемещения их в поднятом положении по монорельсу.

Электролебедки применяют для подъема и перемещения грузов с тяговым усилием до 8 т и скоростью до 10 м/мин.

Трубогибочные станки применяют для гнутья труб, отводов и калачей.

Труборезные станки разрезают трубы, производительность их до 200 перерезов в час. Переносные труборезные станки работают от электродрели.

Электросварочные трансформаторы служат для понижения напряжения и регулирования силы тока, при электродуговой сварке.

Вакуумные насосы служат для откачивания воздуха из системы аппаратов и трубопроводов после монтажа и испытания перед зарядкой холодильным агентом.

Воздушные двухступенчатые компрессоры на избыточное давление до $20 \cdot 10^5$Па применяют при испытании систем аппаратов и трубопроводов после монтажа.

§ 3. ТАКЕЛАЖНЫЕ РАБОТЫ

До начала монтажа оборудования необходимо выполнить такелажные работы, связанные с погрузкой оборудования на приобъектном складе на транспорт, разгрузку его вблизи места монтажа, спуск в подвал или подъем на этаж и перемещение по монтажной площадке и помещениям. Предварительно назначают ответственного исполнителя — мастера или бригадира, который в дальнейшем единолично руководит всеми работами.

Такелажные работы начинают с определения массы оборудования по паспорту и состояния такелажных механизмов.

На механизмы — тали, тельферы, лебедки — должны быть паспорта с отметкой об очередном испытании и сроках ежегодной проверки. Непосредственно перед работой механизмы испытывают контрольным грузом. Стальные

канаты считаются годными, если на длине одного шага свивки оборвано не более 10% проволок от количества их в канате. При обрыве одной из прядей канат бракуют. После замены и при сращивании каната подъемный механизм испытывают полуторной нагрузкой. Прикрепляют канаты к поднимаемому грузу и соединяют их между собой при помощи специальных узлов.

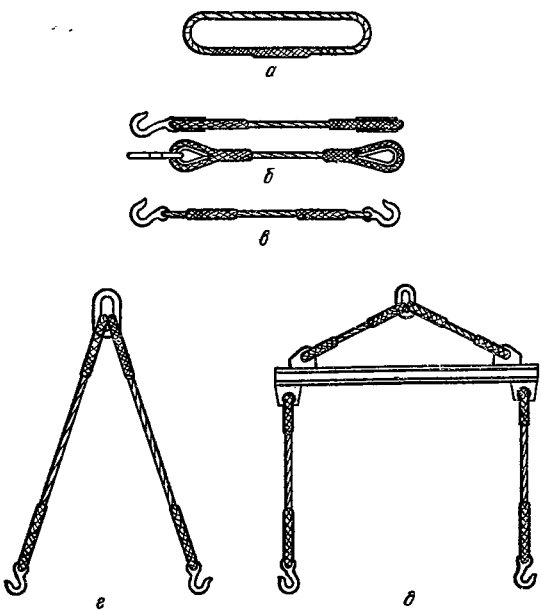


Рис. 114. Стропы:
а — универсальные; *б*, *в* — облегченные; *г* — двухветвенные, *д* — на траверсе.

Для соединения поднимаемого груза с крючком грузоподъемного механизма служат стропы (рис. 114). Каждый изготовленный строп испытывают двойной нагрузкой. На стропе укрепляют бирку с указанием допустимой нагрузки и срока следующего испытания. На рис. 115 представлены наиболее распространенные типы стропов и системы строповки, а в табл. 42 приведены данные для выбора диаметра стропа в зависимости от его типа и величины поднимаемого груза.

Для увязки стропа выбирают самые надежные части груза. Между ветвями стропа устанавливаются надежные распорки. На острые углы под строп укладываются деревянные прокладки. При строповке используют имеющиеся на грузе цапфы, лапы, рым-болты. Нельзя увязывать строп за обработанные и легко деформируемые детали. При строповке очень важно определить центр тяжести груза, чтобы обеспечить правильность его подъема.

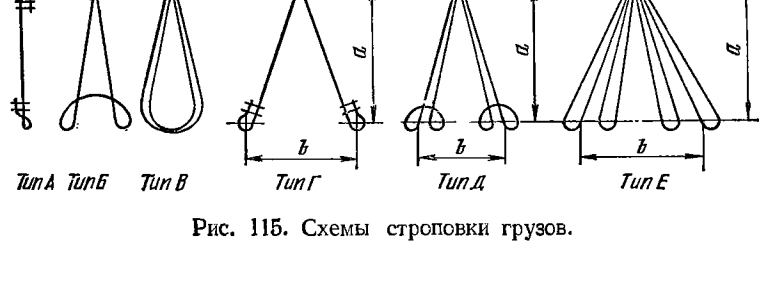


Рис. 115. Схемы строповки грузов.

Лебедку устанавливают вне зоны подъема груза. От лебедки должен хорошо просматриваться поднимаемый груз. Лебедки разрешается крепить к строительным конструкциям (фундаментам, колоннам) только после соответствующих проверок и расчетов. Если строительные конструкции использовать нельзя, то лебедки крепят при помощи якорей или упоров и противовесов (рис. 116).

При навивке на барабан лебедки канат следует плотно укладывать витками, направление каната должно быть горизонтальным.

Перемещать горизонтально грузы удобнее всего на катках по доскам или рельсам с помощью лебедок или вручную ломами, а также на стальных листах толщиной 8—10 мм.

Вертикально перемещают грузы талями, лебедками с помощью домкратов. Масса груза не должна превышать паспортной грузоподъемности механизма. Блоки, тали и рычажные лебедки подвешивают к строительным конструкциям зданий только после предварительного расчета и согласования. Механизмы подвешивают с помощью специальных подвесок или канатов.

Таблица 42

Масса груза, т	Диаметр стропов различного типа, мм											
	А (1 ветвь)	Б (2 ветви)	В (4 ветви)	Г (2 ветви при заложении а:б)		Д (4 ветви при заложении а:б)			Е (8 ветвей при заложении а:б)		
				1:1	1:1,5	1:1	1:1,5	1:2	1:1	1:1,5	1:2
1	15,5	11	11	13	11	11	11	11	11	11	11
2	22	15,5	13	15,5	17,5	13	15,5	15,5	11	11	11
3	26	19,5	15,5	19,5	19,5	15,5	17,5	17,5	11	13	13

При выполнении такелажных работ люди не должны находиться под грузом и на пути возможного падения груза при обрыве канатов. Вести какие-либо операции с поднятым грузом запрещается. Все члены такелажной бригады должны уметь пользоваться знаковой сигнализацией.

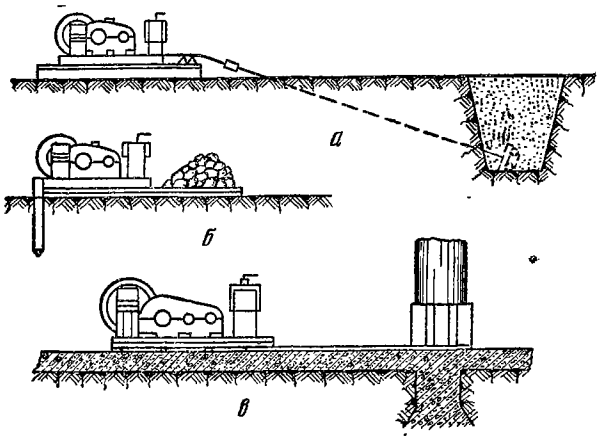


Рис. 116. Способы крепления лебедок:
а — якорем; *б* — балластом; *в* — за колонну.

§ 4. МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК, ПОСТАВЛЯЕМЫХ В СОБРАННОМ ВИДЕ

Холодильные шкафы, прилавки и витрины со встроенными агрегатами поставляются заводами в собранном виде. Монтаж таких холодильных установок производят в следующей последовательности.

Оборудование в упакованном виде доставляют к месту монтажа. При транспортировке и разгрузке необходимо следить за тем, чтобы его не кантовали и не ударяли. При отсутствии погрузочных механизмов оборудование сгружают вручную по наклонной плоскости, образованной деревянными брусками или стальными балками. Для транспортировки по горизонтали используют катки.

Распаковывать оборудование желательно в помещении. Если это невозможно, то распаковку делают снаружи и затем сразу же его вносят в помещение. При распаковке присутствуют представители владельца оборудования и монтажной организации, которые проверяют наличие паспорта и инструкции, комплектность по паспорту и состояние оборудования (отсутствие вмятин и видимых дефектов) по наружному осмотру.

В случае возникновения претензий к заводу-поставщику для составления акта вызывают представителя незаинтересованной организации, у которого должна быть доверенность на право участия в комиссии. В случае предъявления заводу рекламации по внешнему осмотру монтаж не производится до решения завода. При отсутствии претензий к заводу владельцы оборудования и представители монтажной организации детально знакомятся с заводской инструкцией и только после этого дают разрешение на монтаж.

Оборудование устанавливают на место, указанное в проекте, на ровную горизонтальную площадку. Если монтаж производится в действующем предприятии и проект его установки отсутствует, то ответственный представитель владельца оборудования выдает план установки и электрическую схему на подключение. При этом должны быть учтены правила техники безопасности для фреоновых холодильных установок. Минимальный проход со стороны обслуживания холодильного агрегата должен быть 1,2 м, а минимальное расстояние от отопительных приборов — 1,5 м.

Температура окружающего воздуха не должна превышать 35° С. Помещение должно быть сухим, а место установки защищено от прямых солнечных лучей.

После установки оборудования на место дальнейшие работы выполняет один или два монтажника.

Если весь электромонтаж холодильных шкафов и прилавков выполнен на заводе, монтажники только подключа-

ют оборудование к электросети по имеющейся схеме, сделанной в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Оборудование подключается к сети пакетным переключателем или автоматическим выключателем.

Так как заводская коммутация выполнена на напряжении в сети 380 В, то при подключении к сети напряжением 220 В необходимо заменить катушку магнитного пускателя, установить тепловой расщепитель АП-50-3МТ в соответствие с номинальной силой тока электродвигателя для данного напряжения, соединить обмотку электродвигателей компрессора и вентилятора агрегата в «треугольник». Нулевой провод не подводится, а устанавливается перемычка на магнитном пускателе по заводской схеме.

Напряжение на оборудование подается только с разрешения главного энергетика или инженера-электрика здания, в котором производится монтаж, после проверки сопротивления изоляции и заземления и составления акта по установленной форме.

Холодильную машину к пуску готовит слесарь, имеющий удостоверение на право монтажа холодильных агрегатов.

Перед пуском следует ознакомиться с указанием в инструкции о положении вентилей на компрессоре. Если вентили открыты, то пломбы с колпачков не снимают, если вентили находятся в закрытом положении, то снимают пломбы и открывают всасывающий и жидкостной вентили[1]. После этого галоидной лампой проверяют герметичность всех соединений холодильной машины.

При отсутствии галоидной лампы все соединения сначала протирают чистой белой бумагой. При негерметичности соединения на бумаге может остаться масляное пятно. Этим способом обнаруживаются только большие утечки.

Другим способом является проверка на герметичность мыльной пеной. Во взбитую кисточкой жидкую мыльную пену добавляют несколько капель глицерина и обмыливают пеной проверяемые соединения. При имеющейся утечке на поверхности пены появится один или несколько пу-

---

[1] Нагнетательный вентиль у герметичных машин обычно отсутствует.

зырей. В местах, трудно доступных для просмотра, следует пользоваться небольшим зеркалом. Пользование мыльной пеной и бумагой не дает гарантии в обнаружении утечки. Поэтому применять эти способы следует только как предварительные с последующей (в течение 1—2 суток) проверкой герметичности галоидной лампой.

При обнаружении утечек в местах, доступных для подтягивания соединений, двумя ключами без применения рычагов и чрезмерных усилий подтягивают соединения. Если устранить утечку не удается, а также при обнаружении утечек в местах, где их ликвидация невозможна (корпус вентиля, ресивера и т. д.), составляют акт в таком же порядке, как и при распаковке, и владелец оборудования отправляет акт на завод-изготовитель. Все дальнейшие работы в этом случае приостанавливают до решения завода.

Пуск холодильной машины производится при открытых всасывающем и жидкостном вентилях. Нажимают кнопку «пуск» на автоматическом выключателе. Проверяют, совпадает ли направление вращения вентилятора с указательной стрелкой. При несовпадении меняют местами два разных провода на клеммах выключателя. Компрессор, вентилятор конденсатора и вентилятор воздухоохладителя (прилавок НП-0,4) должны работать плавно без шума, без посторонних звуков.

Вентилятор воздухоохладителя должен подавать воздух через воздухоохладитель в камеру. В течение 1—2 ч испаритель должен покрыться слоем инея, обмерзание всасывающей трубки должно заканчиваться не менее чем за 100 мм до всасывающего вентиля и не менее чем на 100 мм выходить за пределы охлаждаемого объекта. Заполнение испарителя фреоном регулируют регулировочным шпинделем терморегулирующего вентиля. При достижении заданной температуры машина должна отключиться и не включаться в течение 5—10 мин.

Для настройки на заданную температуру поворачивают ручки термореле.

Коэффициент рабочего времени машины зависит от температуры окружающей среды и должен быть равным 0,6—0,75.

В низкотемпературном прилавке ПН-0,4 при включении ТЭНа, предназначенного для оттаивания, холодильный агрегат и вентилятор воздухоохладителя должны от-

ключиться. За время оттаивания температура в низкотемпературном прилавке не должна повышаться более чем на 7°С.

После пуска за работающим холодильным оборудованием наблюдают в течение трех дней по 2 ч ежедневно. При этом проверяются утечки фреона, коэффициент рабочего времени, температура. На третий день производят контрольную проверку герметичности всех соединений галоидной лампой. При обнаружении утечек их устраняют и срок наблюдения соответственно продлевается на три дня. Проверяются контакты электроприборов. Они не должны искрить, нагреваться, на них не должно быть нагара и коррозии.

После проверки составляют акт в трех экземплярах на специальных бланках. Один экземпляр отправляют на завод-изготовитель. После этого холодильное оборудование разрешается загружать продуктами.

Если во время пусковых испытаний выявляются дефекты в холодильном агрегате, приборах автоматики, обнаруживается недостаток фреона и другие неисправности, для устранения которых требуется нарушение герметичности соединений, то составляют акт и пуск в эксплуатацию холодильной машины не производят до решения завода-изготовителя.

Такой же порядок предъявления рекламаций распространяется на все выявленные в течение гарантийного срока дефекты и неисправности.

При монтаже холодильного оборудования учитываются положения инструкций заводов-изготовителей. Например, при пуске холодильных машин, встроенных в автоматы для отпуска газированной воды, температура испарения должна быть 6—10° С. При этих условиях всасывающий трубопровод не покрывается инеем. Правильность заполнения испарителей фреоном проверяют по давлению кипения. Для этого на тройник всасывающего вентиля устанавливают мановакуумметр. При работе холодильной машины на фреоне-12 избыточное давление кипения должно через 1—2 мин после включения равняться $3{,}5 \cdot 10^5$ Па, а в момент выключения $-3 \cdot 10^5$ Па (что соответствует температуре охлаждаемой воды 12—14° С). Если фактическое давление кипения выше, то уменьшают подачу фреона через терморегулирующий вентиль, изменяя его настройку, если давление ниже, то подачу увеличивают.

§ 5. МОНТАЖ ФРЕОНОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК И МАШИН, ПОСТАВЛЯЕМЫХ КОМПЛЕКТНО ОТДЕЛЬНЫМИ УЗЛАМИ И АГРЕГАТАМИ

Все холодильные установки с точки зрения выполнения монтажных работ разделяют на три группы.

К первой группе относятся установки, поставляемые заводами в собранном виде — холодильные шкафы, прилавки, витрины со встроенными холодильными агрегатами.

Ко второй группе относятся установки, поставляемые комплектно, но состоящие из отдельных агрегатов и узлов — холодильные шкафы, прилавки, витрины с отдельно расположенными холодильными агрегатами, сборные камеры, а также холодильные машины, состоящие из компрессорно-конденсаторного агрегата, испарителей, регулирующих станций, трубопроводов в полном комплекте, не требующие дополнительной комплектации.

К третьей группе относятся фреоновые и аммиачные холодильные машины, состоящие из компрессорно-конденсаторного и испарительно-регулирующего агрегатов, к которым на месте изготавливают охлаждающие батареи, трубопроводы и комплектуют их дополнительной арматурой и дополнительным оборудованием (воздухоохладители, насосы, баки).

Порядок транспортировки, распаковки оборудования, испытание его герметичности, пуск и предъявление рекламаций по качеству для этой категории установок остаются такими же, как и изложенные ранее.

Условия размещения оборудования. При монтаже следует руководствоваться проектом, разработанным проектной организацией, или же технической документацией, составленной лицами инженерно-технических служб.

При составлении технической документации на размещение оборудования учитывают следующие требования.

Температура помещения, где размещается компрессор, должна быть не ниже 5 и не выше 40° С.

При воздушном охлаждении конденсатора объем помещения должен быть 20 м³ на каждые 1000 ккал/ч холодопроизводительности установки или помещение должно оборудоваться вытяжной вентиляцией из расчета 800 м³/ч на каждые 1000 ккал/ч холодопроизводительности.

Машины и аппараты холодильных установок устанавливают на расстояние 1,5 м от нагревательных устройств, так чтобы на них не попадали солнечные лучи. Если холодильный агрегат устанавливают компрессором к стене, то минимальное расстояние до стены должно быть 1 м, а если конденсатором к стене — то 0,2 м. Не рекомендуется располагать холодильный агрегат выше испарителя, так как это затрудняет возврат масла из испарителей в компрессор. Холодильные агрегаты запрещено размещать на лестничных клетках, а также в местах, куда имеется доступ посторонних людей.

Объем помещения, где находится холодильная машина, должен быть не менее 1 м³ на каждые 0,5 кг фреона-12, содержащегося в машине, или 0,35 кг фреона-22.

Монтаж оборудования. Монтаж начинают после приемки от строителей актов на выполнение скрытых работ, какими являются изоляционные работы и устройство фундаментов. Холодильные агрегаты холодопроизводительностью до 1,6 тыс. ккал/ч разрешается устанавливать на массивные деревянные подставки.

Железобетонные фундаменты делаются виброизолирующими, под ножки деревянных столиков подкладывают лист твердой резины толщиной 30—40 мм, что препятствует передаче вибраций на конструкции зданий.

Агрегат устанавливают опорами на стальные прокладки толщиной 10 мм, расположенные на фундаменте или подставке. После установки ось вала компрессора должна располагаться строго горизонтально, что проверяют отвесом, нить которого прикладывают к плоскости шкива компрессора. Плоскость шкива должна быть строго вертикальной. Если это требование не выдержано, то под прокладки подкладываются стальные клинья, которыми окончательно регулируется уровень.

Правильность установки бессальниковых агрегатов определяют по отклонению от вертикали плоскости разъема крышки и картера компрессора.

В отверстия фундамента до начала монтажа агрегата вставляют фундаментные болты, которые после окончательной установки агрегата заливают цементным раствором и через 20 дней затягивают гайками. К столику агрегат крепят болтами.

Испарители в сборных камерах, шкафах и прилавках устанавливают на имеющиеся кронштейны. В стационар-

ных камерах испарители типа ИРСН-10 (12) крепят на стальных кронштейнах, заделанных в стены камеры (рис. 117). При монтаже необходимо следить за тем, чтобы трубки испарителей располагались строго горизонтально по длине, а сам испаритель был смонтирован строго в вертикальной плоскости. При выполнении этих условий отвес будет строго совпадать с вертикальной гранью ребра испарителя.

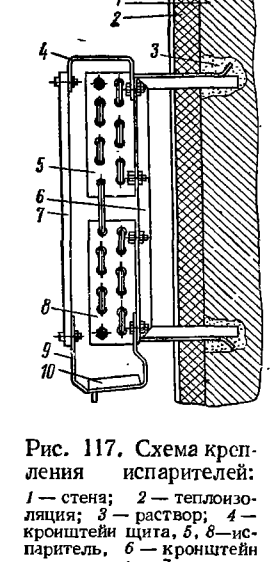


Рис. 117. Схема крепления испарителей:
1 — стена; *2* — теплоизоляция; *3* — раствор; *4* — кронштейн щита, *5*, *8*—испаритель, *6* — кронштейн испарителя; *7* — циркуляционный щит, *9* — кронштейн поддона, *10* — поддон.

Воздухоохладители монтируют также на кронштейнах, но на большем удалении от стенки.

После монтажа агрегатов, испарителей и воздухоохладителей в соответствии со схемой (рис. 118) размечают трассу прокладки трубопроводов. В местах прохода трубопроводов через стенки и перекрытия пробивают стены шлямбурами или сверлят электросверлилкой со специальным сверлом и устанавливают стальные гильзы (рис. 119).

Реле температуры желательно устанавливать вне камеры. Термобаллон реле через гильзу в стене вводят в камеру и крепят на половине высоты камеры в отдалении от дверей и охлаждающих приборов на небольшом расстоянии от стенки. Капиллярную трубку крепят к стене на изолирующих прокладках (дерево, пластмасса).

Терморегулирующий вентиль (рис. 120) устанавливают на трубопроводе вблизи испарителя или воздухоохладителя в соответствии со схемой. В отдельных случаях возможна его установка вне камеры. Накидные гайки на штуцерах терморегулирующего вентиля располагаются на подсоединяемых трубках. Поэтому перед монтажом гайки снимают с него и надевают на трубки, которые разбортовкой бортуют под углом 90° и накидными гайками прижимают к коническим поверхностям выходного штуцера и фильтра на входном штуцере. Внутренняя поверхность бортика

трубки должна быть ровной, без рисок и вмятин. Перед разбортовкой конец трубки следует опилить и очистить от стружки. Гайки следует затягивать двумя ключами без чрезмерных усилий и удлинения рычагов, до упора.

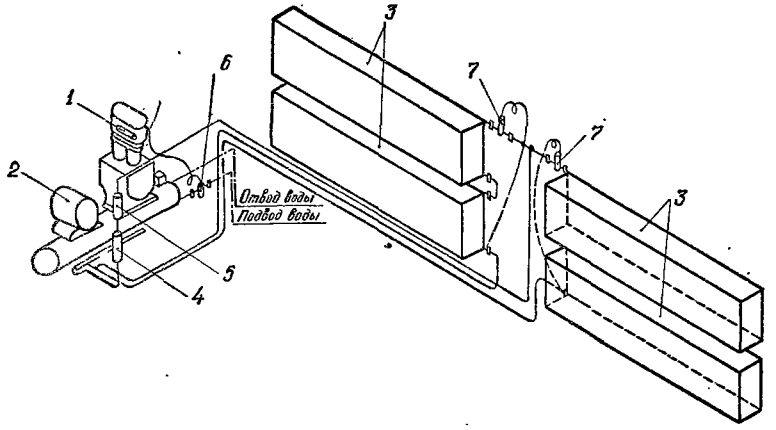


Рис. 118. Схема холодильной установки:
1 — компрессор; *2* — электродвигатель; *3* — испарители; *4* — осушитель; *5* — фильтр; *6* — водорегулирующий вентиль; *7* — терморегулирующий вентиль.

Термочувствительный баллон крепят металлической скобой к верхней части всасывающего трубопровода или к вертикальному участку этого же трубопровода при движении по нему фреона вниз. При расположении снаружи камеры баллон изолируется слоем пенопласта или пористой резины, чтобы исключить возможность подогрева баллона теплым воздухом. Капиллярная трубка ТРВ не должна соприкасаться с испарителем и трубопроводами. Свободную часть капиллярной трубки следует свернуть кольцом.

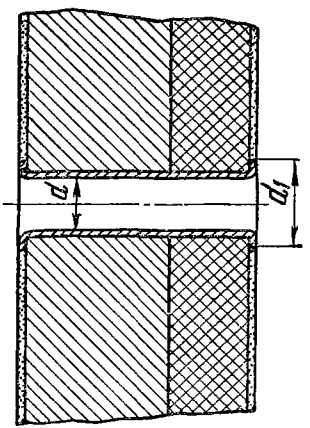


Рис. 119. Гильза для прокладки трубопроводов.

Монтаж трубопроводов. При монтаже фреоновых холодильных установок применяют стальные и медные трубки. Стальные трубки можно применять для участков трубопроводов, не подвергающихся увлажнению, т. е. для жидкостных трубопроводов от жидкостного вентиля на ресивере до терморегулирующего вентиля. Соединение стальных трубок между собой выполняется сваркой, а подсоединение к вентилям — специальными штуцерами.

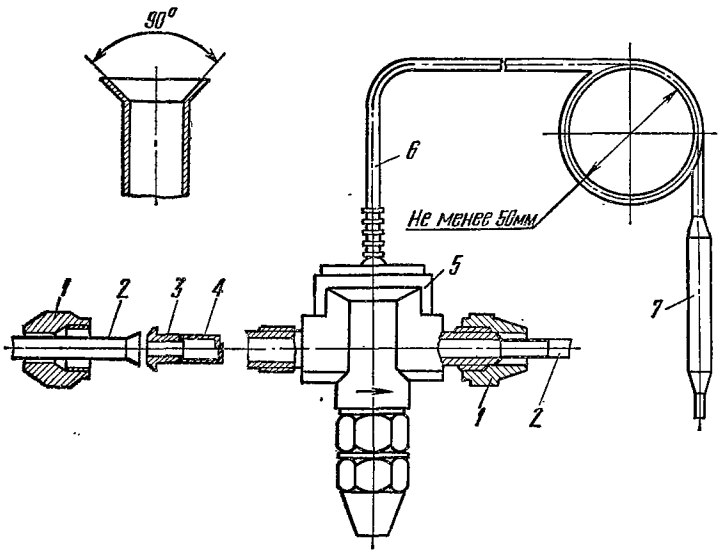


Рис. 120. Схема монтажа терморегулирующего вентиля:
1 — накидные гайки; *2* — медные трубки; *3* — конус фильтра; *4* — сетка фильтра; *5* — конус терморегулирующего вентиля; *6* — капиллярная трубка; *7* — термобаллон.

Медные трубки из меди марки М3 более дорогие, но значительно удобнее в монтаже. Перед монтажом медные трубки, добавляемые к заводскому комплекту, отжигают, нагревая до температуры 600—650° С и затем охлаждают в любой среде, в том числе и в воздухе, до окружающей температуры. Отжиг придает трубкам пластичность. После отжига медные трубки для очистки от окалины осветляют химическим способом или очищают мягким ершом, продувают сжатым воздухом и сушат в сушильном шкафу при

температуре 120° С в течение 24 ч. Так же обрабатывают стальные трубы, идущие на монтаж фреоновых трубопроводов.

После сушки концы медных трубок сплющивают для предотвращения попадания влаги и пыли, а в стальные трубы ставят деревянные пробки. Поставляемые заводами-изготовителями комплекты трубок в указанной обработке не нуждаются, так как прошли ее в заводских условиях.

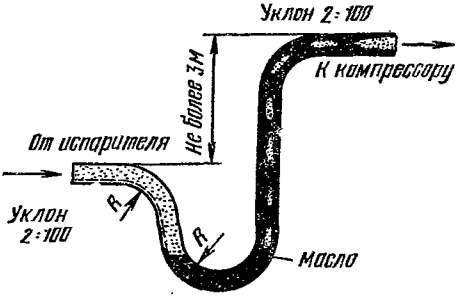


Рис. 121. Маслоподъемная петля.

Монтаж трубопроводов начинают с прокладки всасывающего трубопровода самого большего диаметра. По трассе всасывающего трубопровода вначале прокладывается шаблон из мягкой стальной проволоки.

При прокладке шаблона следует выполнить следующие условия. Участки трубопровода должны быть или вертикальными или горизонтальными. Количество колен должно быть минимальным. Движение паров по трубкам снизу вверх допускается не более чем на одном участке высотой не более 3 м на всю магистраль. Горизонтальные участки с целью обеспечения возврата масла в компрессор прокладываются с уклоном 1 : 50 в сторону движения паров.

Перед участками подъема паров устраивают маслоподъемную петлю — сифон (рис. 121). Накапливаясь в петле, масло закрывает большую часть прохода трубки и после этого проталкивается за счет разности давлений до и после образовавшейся масляной пробки. Если петлю не устроить, то пробки будут образовываться на протяженных горизонтальных участках трубопровода, и объемы пробок будут настолько большими, что при попадании масла в компрессор поломаются пластинки клапанов из-за

гидравлического удара. Проложенный таким образом проволочный шаблон закрепляется на стенах временными креплениями.

После прокладки шаблона вдоль трассы выкладываются медные трубки общей длиной на 5% больше длины шаблона. Затем складным метром размечают по шаблону места изгибов трубок. При этом следует помнить, что места соединения трубок должны располагаться в доступных для осмотра местах.

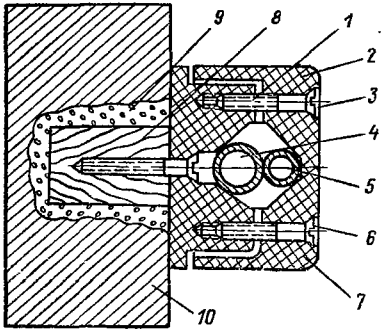


Рис. 122. Схема крепления трубопроводов:

1 — основание колодки; *2* — крышка колодки; *3* и *6* — винты; *4* — всасывающий трубопровод; *5* — жидкостной трубопровод; *7* — шуруп; *8* — деревянная пробка; *9* — цементный раствор; *10* — стена.

Затем каждую трубку гнут по разметке — диаметром до 12 мм вручную, большего диаметра — с помощью трубогибов или специальных пружин. Пружины диаметром на 1 мм больше наружного диаметра трубки или на 1 мм меньше внутреннего диаметра трубки надеваются на трубку или продеваются в нее. Радиус изгиба должен быть в пределах трех-четырех диаметров трубок.

При гнутье трубогибом со сменными роликами (см. рис. 113) трубку продевают в отверстие крюка, прижимают к обойме роликом, вставляют ось и поворачивают защелку. После этого руками разводят рукоятку и ручку скобы. Изогнув трубку на 45° переводят рукоятку вправо и закрепляют фиксатором в новом положении. Затем продолжают гнутье в такой же последовательности до нужного угла загиба. После того как трубки изогнуты, их соединяют между собой или резьбовыми конусными штуцерами или пайкой. Для пайки используют припой П ср. 45 с применением флюса 209 или медно-фосфористым припоем МФ-3 с применением буры. Перед пайкой концы трубок запиливаются напильником и очищаются от заусенцев.

Конец одной трубки развальцовывается по длине 10—

15 мм разбортовкой с применением вместо бортовочного конуса специальных сменных вальцующих роликов. Конец неразвальцованной трубки защищают снаружи наждачной шкуркой на длине 15—20 мм и вставляют в развальцованную. Место пайки нагревают пропановой горелкой до температуры 800—850° С (трубки при этой температуре принимают ярко-малиновую окраску). После этого пламя горелки направляют на конец прутка припоя, который нагревают до оплавления. Оплавленный конец припоя обмакивают во флюс и переносят к месту пайки.

Горелка (см. рис. 111) состоит из стальной трубки, латунной головки, латунного диффузора и форсунки. На трубку напрессована эбонитовая ручка. Горелка комплектуется баллоном, заправленным пропано-бутановым газом марки «зимний».

Сваренный трубопровод обрезают ручным труборезом на концы его надевают накидные гайки и после разбортовки соединяют со штуцерами на вентиле компрессора и на испарителе или всасывающем коллекторе.

Указанным способом изготовляют и жидкостной трубопровод. При прокладке жидкостной трубопровод следует на возможно большем протяжении прижимать к всасывающему. Это создает дополнительный теплообмен и повышает холодопроизводительность установки.

Изготовленные и проложенные трубопроводы прикрепляют к стенкам в колодках (рис. 122) или оцинкованными скобами на деревянных прокладках. В местах, где иней периодически оттаивает или конденсируется влага, к колодкам под трубками крепятся желобки для стока воды в определенную емкость. В связи с этим прокладывать по полу всасывающие трубопроводы не рекомендуется, так как конденсат вызывает увлажнение и порчу строительных элементов здания. В крайних случаях трубки следует прокладывать в стальных гильзах со стоком влаги в бетонированный приямок или сменяемую емкость.

Если диаметр трубопроводов выше 18 мм, подсоединяют их к вентилям компрессора и коллекторов фланцевыми соединениями. В этих случаях трубки к стальным фланцам припаивают латунью.

При монтаже агрегата на виброизолирующем фундаменте на трубопроводах делают компенсаторы в виде 2—3 петель в горизонтальной плоскости с уклоном по ходу движения паров в сторону компрессора.

Монтаж электрооборудования. Все электрооборудование монтируется строго по проекту, составленному в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП) и правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

Выполнять работы без проекта или схемы не разрешается, так как это может привести к пожарам и поражению людей током.

При составлении схемы монтажа электрооборудования следует руководствоваться следующими положениями. В каждой холодильной установке должно быть устройство, снимающее напряжение со всех ее частей одновременно. Такими устройствами являются рубильники закрытого типа с плавкими вставками, автоматические выключатели типа АП-50-3МТ или АСТ. Отключающее устройство монтируется вблизи холодильного агрегата на высоте 1,5—1,6 м от пола. Магнитные пускатели или панели с электропусковыми приборами монтируются в местах, удобных для обслуживания, так, чтобы к ним был свободный доступ, а ширина проходов была бы не менее 1,2 м. Монтаж электропроводки выполняется в соответствии с требованиями для особо сырых помещений, для холодильных камер и сухих, не взрывоопасных, для машинных отделений фреоновых установок.

Сечение установочных проводов, нагревательные элементы тепловых реле магнитных пускателей, автоматические выключатели или плавкие предохранители должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 43.

Монтаж электрооборудования заканчивается испытанием сопротивления изоляции проводов, которое должно быть не менее 500 кОм и сопротивления заземляющих устройств (сопротивление контура заземления, переходных сопротивлений и сопротивления петли фаза-нуль). Эти работы выполняются работниками, имеющими специальные удостоверения и снабженными приборами М 1101 (мегометр), М 416 (прибор для измерения сопротивления заземления) и М 417 (прибор для измерения сопротивления петли фаза-нуль).

Испытание герметичности системы. По правилам техники безопасности на фреоновых холодильных установках холодопроизводительностью до 12 тыс. ккал/ч, предусматривается испытание системы на герметичность давлением фреона, имеющегося в данной системе, с помощью определителя утечки.

Таблица 43

Показатели	ФАК-0,7		ФАК-1,1		ФАК-1,5	ИФ-50	ИФ-49 М	ИФ-56	АКФВ-4	АКФВ-6	АКВФЗБС-6	АК1-6
Напряжение в сети, В	220	380	220	380	220	380	220	380	220	380	220	380
Номинальный ток, А	2,8	1,6	4,2	2,4	6,7	3,9	10,5	6,1	15,7	9,1	16,3	9,4
Плавкий предохранитель на силу тока, А	6	6	10	6	15	10	25	15	40	25	—	40
Пусковой ток, А	14	8	21	16	35	20	63	36,6	110	55	97,8	56,4
Сечение одной жилы электропровода, мм² медной	1	1	1	1	1	1	1,5	1	2,5	1,5	2,5	2,5
алюминиевой	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	2,5	4	4
Пределы шкалы требуемого АП50-3МТ, А	2,5—4	1,6—2,5	4—6,4	2,5—4	6,4—10	4—6,4	10—16	6,4—10	16—25	10—16	10—16	6,4—10

Продолжение

Показатели	АКФУ-8		АКВФУ-12		ВС-0,45		ВС-0,7	ВН-0,35	ВС-1,1	ВН-0,55	ВСр-0,35-1А
Напряжение в сети, В	220	380	220	380	220	380	220	380	220	380	220
Номинальный ток, А	17,5	10,1	34,1	19,7	1,2	0,7	1,6	0,9	2,7	1,5	1,2
Плавкий предохранитель на силу тока, А	25	—	—	6	6	6	6	6	6	6	6
Пусковой ток, А	96	55	170,5	100	5	3,5	8	4,5	13,5	7,5	3
Сечение одной жилы электропровода, мм² медной	2,5	1,5	10	4	1	1	1	1	1	1	1
алюминиевой	4	2,5	16	6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Пределы шкалы требуемого АП50-3МТ, А	16—25	10—16	25—40	16—25	1—1,6	1—1,6	1,6—2,5	1—1,6	2,5—4	1—1,6	1

Если поставляемый холодильный агрегат заряжен фреоном, то для вакуумирования системы при закрытом жидкостном и нагнетательном вентилях на тройник нагнетательного вентиля надевают резиновую трубку, открывают всасывающий вентиль, настраивают терморегулирующий вентиль на максимальный перегрев и включают компрессор, при этом воздух из системы выбрасывается через резиновую трубку. Для того чтобы находящееся в воздухе масло не разбрызгивалось, трубку помещают в стеклянную банку. Если во время отсасывания воздуха из резиновой трубки, помещенной под уровень масла, не прекращают выходить пузырьки воздуха, то это свидетельствует о неплотности системы, которую устраняют подтягиванием всех соединений до полного прекращения выхода пузырьков. После отсасывания воздуха в течение 30 мин открывают на 2—3 с жидкостной вентиль агрегата, продувают систему фреоном, снова вакуумируют систему в течение 30 мин и еще на 2—3 с открывают жидкостной вентиль.

Вакуумирование системы в течение 1 ч необходимо для полного удаления воздуха и частичного испарения влаги, возможно находящейся в системе.

Затем вакуумирование прекращают, вместо резиновой трубки ставят манометр на тройник нагнетательного вентиля, устанавливают мановакуумметр на тройник всасывающего вентиля и, открывая жидкостный вентиль, создают в испарительной системе давление, равное давлению насыщенных паров при окружающей температуре. При этом давлении галоидкой горелкой или галоидным течеискателем проверяют герметичность всех соединений.

В местах, где обнаружены утечки фреона, приступают к подтягиванию соединений и замене прокладок только после отсасывания фреона из системы до избыточного давления $0{,}1—0{,}2 \cdot 10^5$ Па. После устранения дефектов снова создают в системе давление и повторно проверяют соединения.

Если установка поступает незаряженной фреоном, то перед вакуумированием к тройнику всасывающего вентиля подсоединяют баллон с фреоном, установленным вентилем вверх. Вакуумирование ведут при открытых всасывающем и жидкостном вентилях. Нагнетательный вентиль закрыт.

Достигнув в системе вакуума, закрывают всасывающий вентиль, приоткрывают вентиль на баллоне с фреоном и продувают компрессор. На тройник нагнетательного вен-

тиля вместо резиновой трубки устанавливают заглушку, и открывают нагнетательный вентиль.

Открывают вентиль баллона с фреоном и создают во всей системе избыточное давление $0{,}5 \cdot 10^5$ Па. Отпустив накидную гайку на штуцере всасывающего вентиля, продувают систему. Продувка повторяется дважды.

После проверки герметичности систему оставляют под давлением фреона на сутки, после чего снова проверяют утечки. Система считается проверенной на герметичность, если ни в одном из соединений не обнаруживаются утечки.

Пуско-наладочные работы. После успешного испытания системы на герметичность холодильную установку заряжают фреоном. Медной трубкой к тройнику всасывающего вентиля подсоединяют баллон с фреоном. Баллон устанавливают вентилем вниз. Ко второму штуцеру тройника присоединяют мановакуумметр, а на тройник нагнетательного вентиля — манометр.

Фреон заряжают в испарительную систему при неработающем компрессоре через цеолитовый осушитель. По достижении в испарительной системе избыточного давления $4 \cdot 10^5$ Па при зарядке фреоном-12 и $6 \cdot 10^5$ Па при зарядке фреоном-22 вентиль на баллоне закрывают и включают компрессор в работу, при этом все вентили установки, за исключением жидкостного на ресивере, должны быть открытыми.

После снижения избыточного давления в испарительной системе до 0 Па останавливают компрессор и, открывая вентиль на баллоне, заправляют в испарительную систему следующую дозу фреона. Установку заряжают таким способом 2—3 раза. Для того чтобы во время зарядки избыточное давление на конденсаторе не поднималось выше $9 \cdot 10^5$ Па для фреона-12 и $12 \cdot 10^5$ Па для фреона-22, должны работать вентиляторы на конденсаторах воздушного охлаждения, а через конденсаторы водяного охлаждения должна циркулировать вода. По окончании зарядки отсоединяют баллон и, взвешивая его, проверяют количество заряженного фреона, которое должно строго соответствовать указанному в инструкции для данного типа установок. По правилам техники безопасности зарядку фреоном следует производить в защитных очках.

В холодильных агрегатах, поставляемых заводами уже заряженными, достаточно открыть вентили согласно инструкции.

После зарядки по достижении температурных режимов в камерах и регулировании приборов автоматики приступают к пробной работе холодильной установки.

В первые минуты и часы работы следят за тем, чтобы уровень масла в компрессоре был не ниже $^2/_3$ уровня смотрового стекла, что свидетельствует о нормальном возврате масла в компрессор. Если уровень масла снижается, то останавливают компрессор и выясняют причину. При испарительных системах с большим количеством испарителей разрешается дополнительно зарядить компрессор небольшим количеством масла (половину дозы зарядки).

Зарядку производят через пробку в картере компрессора сухим проверенным в лаборатории маслом, хранящимся в герметичной посуде. Во время дополнительной зарядки маслом всасывающий и нагнетательный вентили компрессора должны быть закрытыми и избыточное давление в картере понижено до 0 Па в результате выпуска паров через штуцер всасывающего вентиля.

Компрессоры холодопроизводительностью выше $\frac{8}{*}$ тыс. ккал/ч оборудованы масляными насосами. Избыточное давление масла по манометру должно превышать на 1—1,5 $\cdot 10^5$ Па давление кипения.

Основными неполадками в пусковой период являются засорение фильтра терморегулирующего вентиля, засорение жидкостного фильтра и грязевика на всасывающей стороне, замерзание влаги в терморегулирующем вентиле, утечки фреона. Указанные дефекты устраняются так же, как и при техническом обслуживании действующих установок.

При устранении этих неполадок приходится вскрывать систему для замены фильтров, установки осушителей и т. д. Во всех этих случаях давление на открываемом участке должно быть снижено до 0,1—0,2 $\cdot 10^5$ Па, но ни в коем случае не до вакуума. Участок должен быть перекрытым с двух сторон. Вместо засоренного фильтра немедленно должен быть поставлен новый. Если требуется время для промывки фильтров, то открытые трубки на это время должны быть заглушены. Нельзя вскрывать участки трубопроводов и аппараты, собственная температура которых ниже температуры окружающей среды, так как на них сразу же конденсируется влага из воздуха. Все места разъемов должны быть тщательно вытерты.

После проверки возврата и давления масла, устранения

засорений, замерзания влаги, переходят к регулированию приборов автоматики. Окончательное регулирование производят при температурах в охлаждаемых объектах, равных проектным. Регулирование приборов автоматики должно обеспечить оптимальный режим работы установки.

Температура картера компрессора не должна превышать температуру окружающего воздуха более чем на 20° С, а температура корпуса электродвигателя — более чем на 30° С.

После бесперебойной работы холодильной машины в течение трех суток составляют акт о пуске ее в эксплуатацию по установленной форме на имеющемся в паспорте бланке. Один экземпляр бланка высылается на завод-изготовитель.

§ 6. ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И УСТАНОВОК С РАССОЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

Фреоновые и аммиачные холодильные машины холодопроизводительностью от 15 до 90 тыс. ккал/ч выпускаются промышленностью без комплектов охлаждающих батарей. Они чаще всего применяются для холодильников с рассольной системой охлаждения.

В заводской комплект поставки таких холодильных машин входят обычно компрессорно-конденсаторный, испарительно-регулирующий агрегаты, центробежный насос, комплект электропусковой аппаратуры, щит автоматики.

На монтажной площадке холодильную установку дополнительно укомплектовывают приборами автоматики, центробежным насосом для воды, рассольными охлаждающим батареями из стальных оребренных труб, рассольными задвижками и арматурой, трубопроводами из стальных бесшовных труб для холодильного агента и трубопроводами из стальных сварных труб для рассола согласно проекту. Кроме того, холодильные машины с конденсаторами водяного охлаждения иногда укомплектовываются градирнями, если это предусмотрено проектом. Проекты для аммиачных холодильных установок и для фреоновых холодильных установок группы А (свыше 12 тыс. ккал/ч) должны быть выполнены специализированными проектными организациями. Выполнение монтажных работ без проекта по правилам техники безопасности запрещается.

Согласно этим же правилам сварщики, ведущие монтаж аммиачных трубопроводов, должны быть дипломированными.

Дополнительная комплектация холодильных установок выполняется на заготовительном участке или в мастерской. На специальном станке стальные трубы оребряют стальной лентой и с помощью изогнутых калачей сваривают в рассольные батареи. На этом же станке заготавливают отводы из стальных труб, используемые для прокладки трубопроводов. По чертежам проекта изготавливают металлическую градирню или ее строят во дворе холодильника.

Подготовка к монтажу. Монтажные работы начинают по окончании всех строительных и изоляционных работ, о чем представители строительной и монтажной организаций и заказчика составляют акт. Особое внимание обращают на состояние изоляции и фундаментов, о чем строители составляют акт на скрытые работы. До начала монтажных работ в холодильных камерах и машинном отделении должно быть оборудовано постоянное или временное низковольтное освещение, машинное отделение должно отапливаться и иметь вентиляцию. На монтажном объекте оборудуют сварочный пост, верстак с тисками, комнату для хранения инструментов, комплектующих узлов, материалов и спецодежды.

При оборудовании сварочного поста учитывается, что баллон с кислородом, прикрепленный хомутом к стенке, должен отстоять от ацетиленового генератора не менее чем на 10 м. На такое же расстояние должен быть удален генератор от места сварки. Электросварочный аппарат по согласованной схеме подключается к сети электриком в соответствии с правилами устройства электроустановок.

Монтажное звено должно состоять из слесарей-монтажников, газоэлектросварщиков и электромонтажников. Эти специальности может совмещать один или несколько рабочих. В состав звена должно входить не менее двух человек. При выполнении пуско-наладочных работ в составе бригады должен быть слесарь-наладчик холодильного оборудования и слесарь-электроналадчик. Все рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, спецобувью и защитными средствами.

Монтаж оборудования. Оборудование устанавливают на фундаментах по уровню, проверяя горизонтальность в

двух взаимно перпендикулярных направлениях. Выравнивают клиньями, подбиваемыми между опорой оборудования и прокладками, установленными на фундамент. Толщина прокладок из листовой стали должна быть не менее 10 мм.

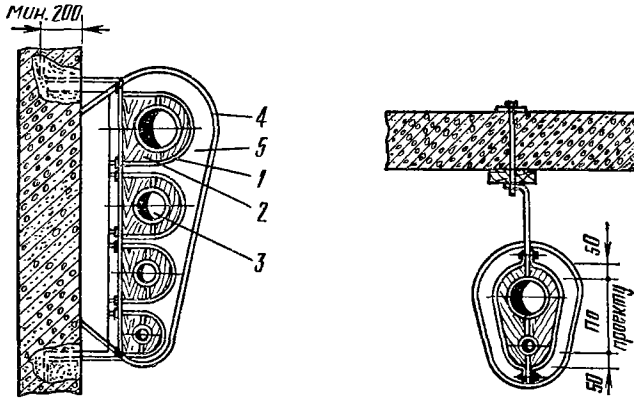


Рис. 123. Схема крепления изолированных трубопроводов:

1 — хомут; *2* — деревянная прокладка; *3* — трубопровод; *4* — штукатурка; *5* — изоляция.

После установки оборудования по уровню подтягивают фундаментные болты и заливают фундамент бетоном. Оборудование, у которого не имеется движущих частей (испарители, испарительно-регулирующие агрегаты, рассольные баки), часто для экономии места устанавливают на стальных конструкциях, опирающихся на фундаменты. Каждую трубу рассольной батареи крепят хомутами к стойкам, опирающимся на фундаменты или подвешенным к закладным деталям в перекрытии.

Стойки крепят к стенам или перегородкам заделанными в них кронштейнами.

Монтаж трубопроводов и арматуры. Все всасывающие и рассольные трубопроводы после монтажа покрывают изоляцией толщиной 100—150 мм, поэтому их следует прокладывать на некотором расстоянии от стен и перекрытий. Трубопроводы крепятся через 1—2 м на кронштейнах или подвесках (рис. 123). При монтаже всасывающих трубопроводов не следует допускать «мешков», в которых может

накапливаться жидкий холодильный агент (рис. 124), так как жидкость из такого «мешка» периодически попадает в компрессор, что может вызвать гидравлический удар. Всасывающие трубопроводы аммиачных машин монтируются с уклоном 1 : 100 в сторону испарителя. Все остальные трубопроводы прокладывают строго вертикально или строго горизонтально. Аммиачные и фреоновые вентили крепят к трубопроводу фланцами на паронитовых прокладках. Вентили устанавливают только маховичками вверх под углом 0—45° к горизонтальной плоскости, а соленоидные вентили — со строго по вертикали расположенными осями катушек. Запорные вентили ставят с движением холодильного агента «под клапан», а соленоидные — с движением холодильного агента или рассола «на клапан». Во избежание образования воздушных «пробок» рассольные трубопроводы нельзя прокладывать с воздушными «мешками».

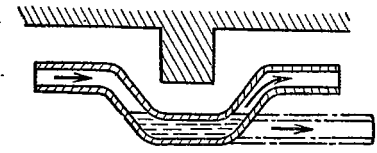


Рис. 124. Жидкостной «мешок».

На всех рассольных батареях, а также в наивысших точках рассольных магистралей устанавливают воздухоспускные краники. После монтажа и испытания все трубопроводы окрашивают суриком или алюминиевой краской. В пределах машинного отделения перед началом пусконаладочных работ трубопроводы должны быть окрашены: всасывающие — в синий цвет, нагнетательные — в красный, жидкостные аммиачные — в желтый, жидкостные фреоновые — алюминиевой краской, рассольные — в серый цвет, водяные (охлаждающей воды) — в зеленый.

Электропусковую аппаратуру и щиты автоматики монтируют согласно проекту в соответствии с правилами устройства электроустановок.

Испытание систем холодильных установок давлением. После монтажа система фреоновых трубопроводов и аппаратов (без компрессора) должна быть испытана на герметичность сухим инертным газом (азотом, углекислотой) с точкой росы не выше — 50° С при избыточном давлении на всасывающей стороне для фреона-12 $10 \cdot 10^5$ Па, для фреона-22 $16 \cdot 10^5$ Па и на нагнетательной стороне —

для фреона-12 $16 \cdot 10^5$ Па, для фреона-22 $20 \cdot 10^5$ Па.

До начала испытания со всех сосудов должны быть сняты предохранительные клапаны.

Баллон с инертным газом соединяют медной трубой с зарядным вентилем на регулирующей станции и создают во всей системе испытательное давление для всасывающей стороны. Затем на испарителе закрывают жидкостной вентиль и поднимают давление в жидкостном трубопроводе и конденсаторе.

В первые 6 ч давление как на всасывающей, так и на нагнетательной стороне может незначительно измениться вследствие выравнивания температур. В дальнейшем в течение 12 ч давление должно оставаться постоянным. При падении давления обнаруживают утечку используя обмыливание, затем подтягивают соединения и заменяют прокладки на отключенных от систем участках. После успешного испытания составляют акт.

Холодильные установки, работающие под вакуумом, также должны быть испытаны вакуумом при остаточном давлении не выше 40 мм рт. ст. При испытании система должна оставаться под вакуумом в течение 18 ч. Вакуум в системе может измениться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающего воздуха.

Вакуум в системе создают с помощью вакуум-насоса, подключенного к зарядному вентилю на регулирующей станции.

Система аппаратов и трубопроводов аммиачной холодильной установки перед испытанием продувается воздухом. Для продувки и испытания системы давлением используют специальный воздушный двухступенчатый компрессор.

Испытание аммиачным компрессором запрещено.

Всасывающий и нагнетательный манометры выносят за пределы машинного отделения и крепят на специальном щите посредством стальных трубок. Вблизи этого щита должны находиться кнопки «пуск» и «стоп» воздушного компрессора и запорный вентиль на нагнетательном трубопроводе воздушного компрессора.

На конденсатор, ресивер и испаритель устанавливают отрегулированные на воздушном компрессоре и опломбированные предохранительные клапаны, которые регули-

руются на избыточное давление в начале открывания: на нагнетательной стороне — 18, на всасывающей — 12·10^5 Па. После этого включают воздушный компрессор и поднимают избыточное давление в системе до 4·10^5 Па. При этом давлении осматривают испытываемые сосуды, трубопроводы и соединения. Если утечек не обнаружено, то включают воздушный компрессор и поднимают избыточное давление в системе до 8·10^5 Па. При этом давлении повторно осматривают всю систему.

Затем из машинного отделения выходит весь персонал, в том числе и лица, проводящие испытание, на двери вывешивают предупреждающие таблички и выставляют наблюдателей. После этого избыточное давление в системе поднимают до 12·10^5 Па. Останавливая компрессор и закрывая вентиль на воздушном трубопроводе, выдерживают систему при этом давлении в течение 5 мин. Если давление не упало, то вентилем на воздушном компрессоре сбрасывают давление до 10·10^5 Па и входят в машинное отделение. Закрывая жидкостный вентиль на испарителе, оставляют испаритель и всасывающий трубопровод под давлением 10·10^5 Па в течение 12 ч. Под этим давлением осматривают конденсатор, ресивер, жидкостные и нагнетательные трубопроводы. Если не обнаружено утечек, то с пульта управления с выполнением описанных выше мер предосторожности поднимают избыточное давление в нагнетательной системе до 18·10^5 Па. Выдерживает систему при давлении 18·10^5 Па в течение 5 мин, после чего сбрасывают его до 15·10^5 Па. При этом давлении нагнетательная сторона выдерживается 12 ч. В это время обмыливают все соединения для обнаружения утечек. Если утечки не найдены, то через 12 ч сбрасывают давление и составляют акты испытания на прочность и плотность системы.

Если для устранения утечек необходима сварка, то давление полностью сбрасывают, устраняют неплотность и затем испытание полностью повторяют.

По окончании испытания сжатым воздухом систему вакуумируют в течение 18 ч при остаточном давлении 40 мм рт. ст. В течение этого времени давление фиксируется через каждый час. Допускается повышение давления до 50% в первые 6 ч. В остальное время вакуум должен оставаться постоянным.

Системы рассольных и водяных трубопроводов испытывают водой избыточным давлением 6·10^5 Па в течение

10 мин. Вначале систему заполняют водой через наполнительный вентиль при открытых воздухоспускных краниках на батареях до тех пор, пока из всех краников не начнет выходить вода.

При испытании гидравлическим прессом последний подключают в систему и вручную повышают давление до $6 \cdot 10^5$ Па. В случае испытания центробежным насосом закрывают всасывающий вентиль на насосе и при открытом наполнительном водопроводном вентиле насос включается в работу. После достижения избыточного давления $6 \cdot 10^5$ Па закрывают нагнетательный вентиль, и останавливают насос. Если давление падает, то следует найти утечку, устранить ее и повторить испытание. Испытание заканчивается составлением акта.

Зарядка системы. Зарядка системы рассолом производится через бак. Концентрация рассола должна быть такой, чтобы его температура замерзания была на 8°С ниже рабочей температуры кипения.

Расчетное количество соли хлористого кальция отдельными дозами засыпается в металлический фильтр, находящийся в рассольном баке. При достижении заданной концентрации, которая определяется по плотности ареометром на пробе рассола, взятой из воздухоспускного краника, зарядку системы прекращают.

Фреоном систему заряжают так же, как и в установках с непосредственным испарением. До зарядки фреоном в испаритель заряжают фреоновое масло в указанном в инструкции количестве.

Аммиаком систему заряжают в следующем порядке. Перед зарядкой в системе должен быть создан вакуум до остаточного давления, не выше 60 мм рт. ст. Взвешенный аммиачный баллон подносят на носилках к машинному отделению и устанавливают на наклонную подставку вентилем вниз на защищенном от солнца месте. К зарядному вентилю баллон подсоединяют стальной бесшовной трубкой.

Из фланцевых соединений на всасывающем и нагнетательном вентилях компрессора удаляют металлические заглушки. Нагнетательный, жидкостной и всасывающий вентили на испарителе должны быть открыты; всасывающий вентиль компрессора и жидкостной вентиль конденсатора закрывают. Включают в работу рассольный насос и подачу воды на конденсатор.

Затем, открывая вентиль на зарядной станции и угловой вентиль на баллоне, перепускают аммиак из баллона в испаритель до выравнивания давлений. Прокручивают маховик компрессора вручную, и кнопкой «пуск» включают компрессор. Постепенно открывая всасывающий вентиль, отсасывают аммиак из испарителя в конденсатор. В связи с образовавшейся разностью давлений остаток аммиака из баллона перетечет в испаритель, об освобождении аммиачного баллона судят по обмерзанию нижней части баллона. Освободившийся баллон взвешивают и по разности масс баллона определяют количество заряженного аммиака. Зарядку ведут до тех пор, пока в системе не будет проектное количество аммиака. Зарядка ведется при работающей вытяжной вентиляции.

При обнаружении утечки аммиака зарядку прекращают, аммиак отсасывается из негерметичного участка и только после этого разрешается подтягивать фланцевые соединения, сальники и другие места утечек. При зарядке избыточное давление в испарителе не должно превышать $6 \cdot 10^5$ Па, а в конденсаторе — $12 \cdot 10^5$ Па. При зарядке следят за работой компрессора.

Никаких отклонений от признаков нормальной работы быть не должно.

Если обнаруживаются неполадки в работе компрессора, то зарядку приостанавливают до выяснения и устранения неполадок. Заводы поставляют компрессоры холодопроизводительностью до 90 тыс. ккал/ч в обкатанном состоянии, поэтому ревизия и обкатка компрессора перед пуском не производятся.

Если гарантийный срок истек, то перед монтажом следует произвести ревизию и обкатку компрессора. Для этого открывают картер и верхние крышки компрессора, проверяют шплинтовку шатунных подшипников, регулировку предохранительного клапана, меняют масло в картере. Затем производят холостую обкатку компрессора в течение 4 ч, во время которой проверяют работу масляного насоса и контролируют степень нагрева трущихся частей компрессора. О выполнении ревизии и обкатки составляют акт.

При зарядке системы аммиаком необходимо выполнять следующие правила техники безопасности. До начала зарядки подготовляют противогазы марки «К» по числу ра-

ботающих в одной смене с одной запасной коробкой на каждый противогаз. Во время зарядки противогаз находится на плече рабочего.

На каждого работающего в смене должно быть по одной паре резиновых перчаток, необходим также один изолирующий кислородный прибор (КИП-5 или КИП-7) на смену.

Перед зарядкой проверяется вытяжная аварийная вентиляция на семикратный обмен воздуха в час.

В аптечке должны находиться 1—2%-ный раствор молочной кислоты или лимонад, мазь Вишневского или пенициллиновая мазь. Должны иметься индикаторы для обнаружения аммиака.

Пробный пуск и регулировка установок. Порядок работ при пуске фреоновых холодильных установок с рассольной системой охлаждения существенно не отличается от порядка работ при пуске установок с непосредственным испарением.

Пуск в работу аммиачных установок выполняют вручную с переводом их в дальнейшем на автоматический режим. Для пуска комплектуют четыре смены по два человека, в каждой смене должен быть один машинист аммиачных холодильных установок или слесарь-наладчик с удостоверением на право обслуживания аммиачных установок.

Каждая смена ведет журнал работы по установленной форме. В машинном отделении должны быть все те защитные средства, что и при зарядке установки аммиаком, кроме того, следует вывешивать инструкции по обслуживанию машин и аппаратов, а также схемы аммиачных, рассольных и водяных трубопроводов. Пусковые работы считаются оконченными после достижения в камерах проектных температур и перевода установки на автоматическое регулирование при наличии признаков нормальной работы установки.

При сдаче холодильной установки в эксплуатацию необходимо иметь следующие акты: акт проверки сопротивления заземления и изоляции электропроводки; акт испытания аммиачной и рассольной системы на прочность и плотность; акт испытания предохранительных клапанов.

В шнуровых книгах на сосуды и аппараты должна быть сделана запись об их освидетельствовании.

Глава 10

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

§ 1. ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Долговечность установки, т. е. срок ее службы, зависит от условий эксплуатации, от ухода за установкой и соблюдений правил эксплуатации работниками предприятий торговли и общественного питания и от качества технического обслуживания.

Долговечность шкафов, прилавков, витрин и камер — 15—25 лет, что обычно определяет долговечность всей установки. Долговечность холодильных агрегатов 5—15 лет. Иногда в течение срока службы всей установки компрессорный агрегат приходится заменять два-три раза.

Техническое обслуживание включает в себя: осмотры, осуществляемые один раз в 1—3 месяца с выполнением профилактических работ и необходимого мелкого ремонта; устранение неисправностей, которые могут возникнуть между двумя осмотрами; ежедневную проверку работоспособности изделия.

Объем технического обслуживания зависит от типа машин, схемы установки, степени ее автоматизации и от конструкции отдельных узлов. Если агрегат расположен в пыльном помещении и конденсатор быстро засоряется, то профилактическую очистку его приходится проводить чаще.

Холодильное оборудование на предприятиях торговли и общественного питания обслуживают механики специализированных комбинатов холодильного оборудования или специализированных комбинатов по торговой технике.

В процессе осмотра и при устранении неисправностей может возникнуть необходимость отправки машины или отдельных ее узлов в ремонтные мастерские. При планово-предупредительном ремонте (ППР) средний ремонт проводится один раз в 6—8 лет. Один механик обслуживает от 50 до 200 установок (в зависимости от его квалификации, сложности оборудования и его территориального расположения). Посещение установок производится согласно графику ППР.

Отказы, возникающие в период между посещениями, устраняются по вызову заказчика в течение 1—2 дней.

В последние годы получила распространение система «комплексного обслуживания». При этом комбинаты, согласно договору, производят профилактический осмотр, включая мелкий ремонт, устранение отказов по вызовам и все виды ремонтов, включая замену агрегатов.

Установки средней производительности (обычно с рассольным охлаждением) требуют более частого посещения механика, чем мелкие (раз в два дня). Поэтому один механик обслуживает всего 5—10 таких установок.

Организация технического обслуживания крупных установок несколько иная. Машинисты (или помощники машинистов) и дежурные электрики, подчиняющиеся начальнику компрессорного цеха, круглосуточно (по сменам) ведут наблюдение за установкой: включают и выключают компрессоры, регулируют режим работы, устраняют мелкие неисправности, проводят необходимую профилактику и ведут учет работы установки в суточном журнале машинного отделения. На установке имеется весь необходимый инструмент, запасные детали, запас эксплуатационных материалов (холодильного агента, масла, солей, прокладочных материалов и пр.), контрольно-измерительные приборы и средства индивидуальной защиты.

В последние годы появились полностью автоматизированные крупные холодильники. Машинисты проверяют регулировку автоматических приборов только в первую смену, а в последующие две смены компрессорный цех работает без машинистов. Штат обслуживающего персонала на автоматизированных холодильниках в два-три раза меньше, чем на неавтоматизированных.

§ 2. КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

При посещении холодильной установки обслуживающий механик прежде всего проверяет режим работы. Механику приходится измерять температуру в различных частях установки, давление, расход охлаждающей воды, расход электроэнергии, коэффициент рабочего времени компрессора, плотность рассола. Для выявления ряда неисправностей приходится также измерять напряжение в сети, силу тока и другие параметры. Для этого механик должен

иметь комплект измерительных приборов, которые обеспечивали бы необходимую точность замеров, были просты в эксплуатации, достаточно легки, компактны и надежны.

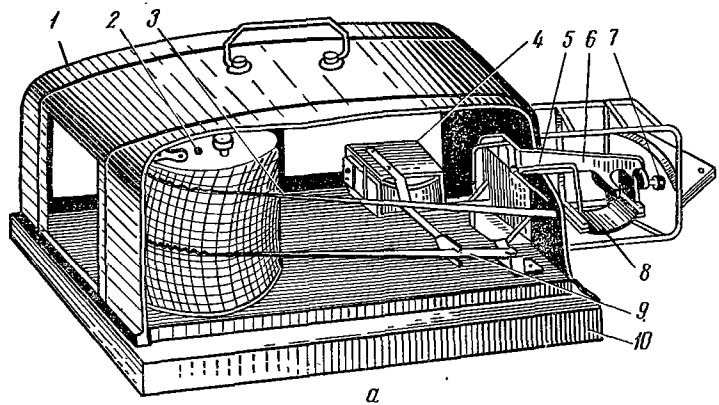
Измерение температуры. Для измерения температуры чаще всего применяют жидкостные термометры (табл. 44).

Таблица 44

Термометр	Тип	Диапазон шкалы, °С	Цена деления, °С	ГОСТ
АМ№1	Ртутный, технический, прямой	0÷50	0,5	2823—59
АМ№2		—35÷50	0,5 и 1	То же
АМ№3		0÷100	1	» »
АМ№4		0÷150	1 и 2	» »
АМ№5		0÷200	2	» »
Б-IV № 1	Ртутный, лабораторный	—30÷20	0,1	215—57
Б-III № 1		—30÷20	0,2	То же
Б-IV № 2		0÷50	0,1	» »
ТЛ-15	Толуоловый	—100÷20	1	9177—59
Метеорологический	Спиртовой, низкоградусный	—65÷25	0,5	4497—52

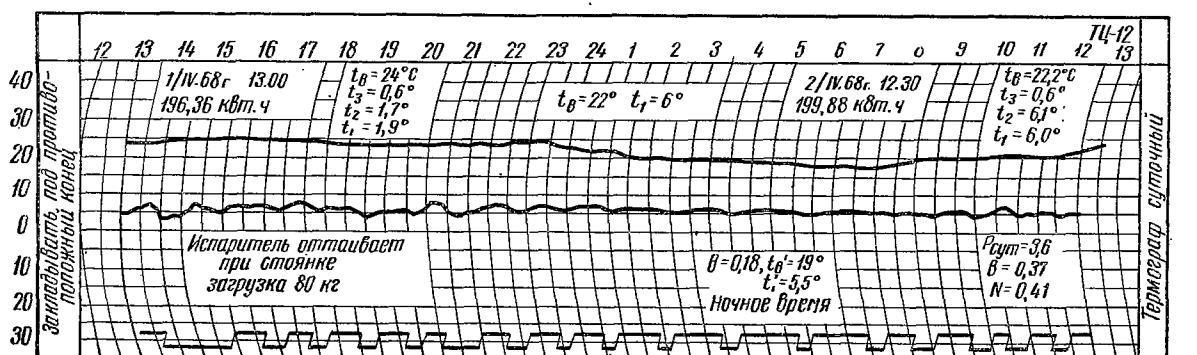
При выборе термометра необходимо обращать внимание на диапазон шкалы и цену деления. Нижний предел ртутных термометров ограничен точкой замерзания ртути (—39° С). Для измерения более низких температур применяют спиртовые или толуоловые термометры. Точность измерения определяется ценой деления термометра. Для эксплуатационных измерений подходят термометры с ценой деления 0,5÷1° С. Однако для измерения небольшой разности температуры (например, нагрева воды в конденсаторе, охлаждения рассола в испарителе) требуются термометры с ценой деления 0,1÷0,2° С, так как при нагреве воды, например на 4° С, ошибка измерения в 1°С на входе в конденсатор и 1°С на выходе из него даст относительную погрешность измерения 2 : 4 = 50%.

При заказе термометров надо указать полное его обозначение и № ГОСТа. Например: «термометр АМ№ 12-0,5-220-160, ГОСТ 2823—59». Буква А означает «прямой» (изогнутые термометры для холодильных установок почти не применяют), № 2— диапазон шкалы (от



а

Рис. 125. Термограф-циклограф:
а — общий вид: *1* — крышка, *2* — барабан с часовым механизмом, *3* — стрелка термографа, *4* — катушка реле МКУ-48, *5* — рычаг, *6* — кронштейн, *7* — винт регулировки, *8* — биметаллическая пластина, *9* — стрелка циклографа, *10* — корпус; *б* — термограмма.



б

—35 до 50°С), 0,5 — цена деления, 220 — длина шкалы, 160 — длина погружаемой части (удобна также длина 80 и 100 мм).

Для измерения температуры в шкафах и прилавках на предприятиях общественного питания ртутными термометрами пользоваться не следует. И вообще, удобнее не стеклянные термометры, а термометры манометрического типа или с биметаллическим чувствительным элементом.

Для автоматической записи температуры в охлаждаемом объекте и наружной температуры на малых установках применяют метеорологический термограф М-16 (рис. 125). Часто его дополняют устройством для регистрации цикличности работы компрессора.

Термограф состоит из барабана *2*, который приводится в движение часовым механизмом с суточным или недельным заводом, биметаллической пластины *8*, укрепленной на кронштейне *6*, и стрелки *3*, ось которой рычагом *5* соединена с подвижным концом пластины *8*.

Все узлы собраны в пластмассовом корпусе *10* и закрыты крышкой *1* с тремя стеклянными сторонами. Сменное перо на стрелке заполняется специальными густыми чернилами и на барабане укрепляется лента. Через 15—20 мин. на ленте появляется горизонтальная линия (термограмма). Если запись по термограмме расходится с фактически измеряемой температурой, то, вращая винт *7*, перемещают перо, пока не будет достигнуто полное совпадение действительной и записываемой температур.

Для снятия циклограммы на ремонто-монтажных комбинатах в термограф М-16 встраивают катушку *4* (от реле МКУ-48), сердечник которой опускает или поднимает стрелку циклографа *9*. При обработке результатов записи на термограмму-циклограмму иногда наносят еще температуру окружающей среды (верхняя кривая), записывают показания электросчетчика и делают другие необходимые пометки.

Техническая характеристика термографа М-16

Пределы показаний, °С	—35÷+45
Основная погрешность измерения, °С	±1
Погрешность хода часового механизма, мин	
суточного, не более	± 5 за 24 ч
недельного, не более	± 30 за 168 ч
Габариты, мм	140×340×200
Масса, кг, не более	3

На крупных установках для дистанционного измерения температуры в нескольких камерах применяют логометры в комплекте с многоточечными переключателями ПМТ (рис. 126). Ток, создаваемый батареей *Б* в точке *б*, разветвляется: часть i_1 проходит через сопротивление R_1 и катушку логометра K_1, а другая часть идет через термометр сопротивления одной из камер (например, R_{t_3}), сопротивление R_2 и другую катушку логометра — K_2. Ток в катушке K_1 создает магнитное поле, которое, взаимодействуя с постоянным магнитом N—S, стремится повернуть сердечник со стрелкой по часовой стрелке. Ток в катушке K_2 стремится повернуть стрелку в обратную сторону. При равенстве токов i_1 и i_2 стрелка находится в среднем положении. С изменением температуры в камере № 3 меняется сопротивление R_{t_3}, а следовательно, и ток i_2. С возрастанием отношения токов $i_1 : i_2$ угол поворота стрелки φ увеличивается.

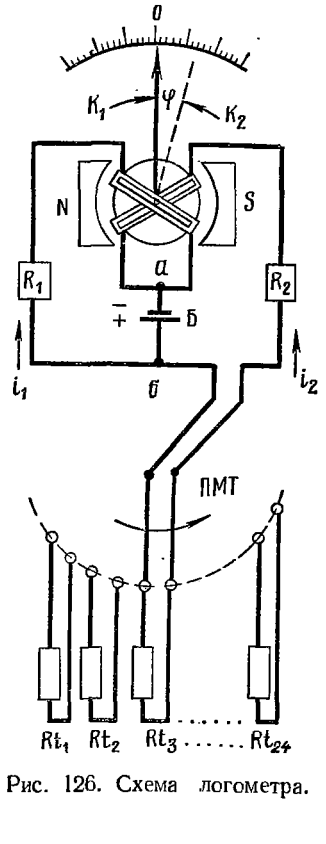


Рис. 126. Схема логометра.

Для одновременной записи температур в нескольких камерах на крупных установках применяют электронные мосты. Мост ЭМП-209 М2 (рис. 127) может иметь до 24 термометров сопротивления (R_{1T}, R_{2T} и т. д.), которые поочередно переключателем *П* подключаются к измерительному мосту *М*. Переключатель приводится в действие синхронным двигателем *СД*, который одновременно вращает барабан с ленточной диаграммой *ЛД*, прижимает каретку *К* через окрашенную ленту к диаграмме и поворачивает колесико с цифрами, дающее отпечаток на диаграмме номера измеряемой точки.

Равновесие моста (равенство напряжений в точках *а* и *б*)

возможно только при условии $R_т R_б = R_1 R_2$. Сопротивления R_1 и R_2 подбирают так, чтобы при среднем (по шкале) значении температуры (и соответствующем сопротивлении $R_т$) движок реохорда $R_б$ находился в среднем положении. Тогда изменение температуры и R_t приводит к нарушению равновесия, на вход усилителя подается напряжение $U_а — U_б$ и реверсивный двигатель *РД*, обмотки которого

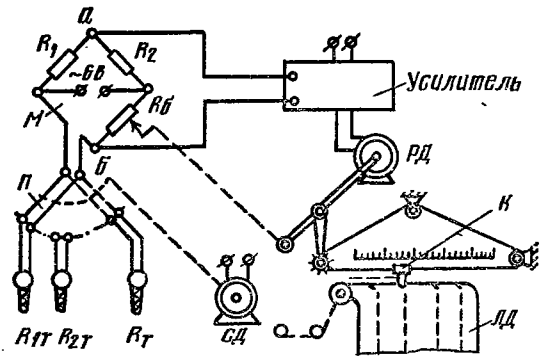


Рис. 127. Упрощенная схема самопишущего уравновешенного моста ЭМП-209 М2

являются выходной нагрузкой усилителя, начинает вращаться, передавая движение через систему шестерен и гибкий трос каретке *К*. Одновременно двигатель перемещает движок реохорда $R_б$, пока мост снова не придет в равновесие. Подаваемое на усилитель напряжение станет равным нулю, двигатель остановится, и каретка *К* займет положение, соответствующее измеряемой температуре.

Наряду с электронными мостами применяют электронные потенциометры. Чувствительным элементом температуры у них служит термопара, что позволяет использовать их для измерения и записи температуры в труднодоступных местах (блок цилиндров, картер, отдельные участки трубопроводов и т. д.).

Измерение давления. При эксплуатации давление в системе обычно измеряют пружинными манометрами. Основной частью пружинного манометра (рис. 128) является трубка овального сечения (трубка Бурдона), у которой один конец запаян. Внутренняя полость трубки сообщается

с сосудом, в котором измеряют давление. Когда давление газа или жидкости внутри трубки превысит атмосферное, действующее на ее наружную поверхность, трубка разогнется и займет новое положение (показано пунктиром)

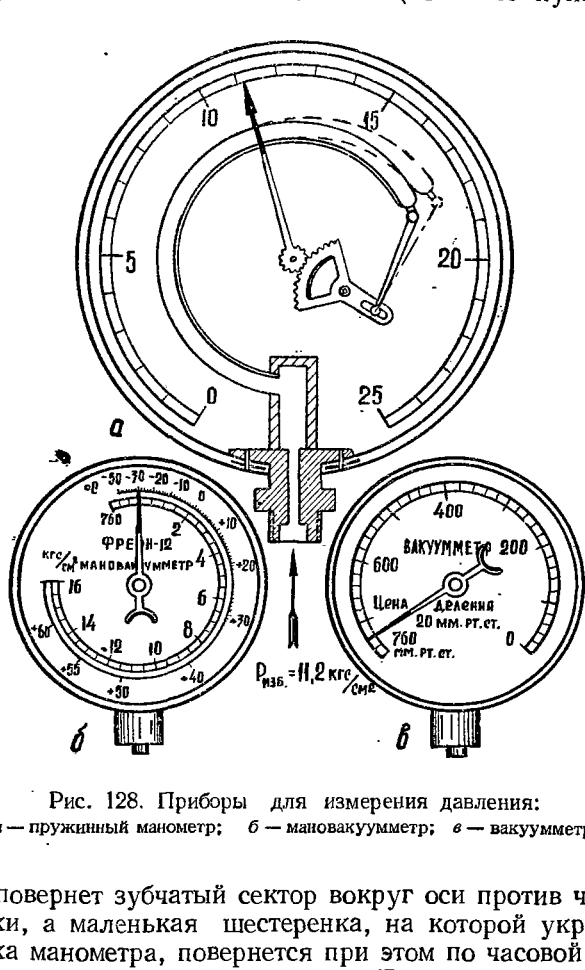


Рис. 128. Приборы для измерения давления:
а — пружинный манометр; *б* — мановакуумметр; *в* — вакуумметр.

Тяга повернет зубчатый сектор вокруг оси против часовой стрелки, а маленькая шестеренка, на которой укреплена стрелка манометра, повернется при этом по часовой стрелке, показывая давление по шкале. Если давление в трубке манометра равно атмосферному, то стрелка устанавливается на нуле. Таким образом, пружинный манометр показывает разность между давлением в сосуде и атмосферным давлением. В отличие от *абсолютного*, давление по ма-

нометру называют *избыточным*. Величины этих давлений связаны соотношением

$$p_{абс} = p_{изб} + Б,$$

где $Б$ — атмосферное давление по барометру.

Манометры градуируются в кгс/см^2. Для перевода этих величин в систему СИ следует иметь в виду, что

$$1 \text{ кгс/см}^2 \approx 10^5 \text{ Па или } 1 \text{ бар}.$$

При измерении давления ниже атмосферного (разрежение или вакуум) стрелка отклоняется от нуля влево. Манометр, имеющий на шкале деления влево от нуля, называется м а н о в а к у у м м е т р о м.

Для более точного определения вакуума удобнее пользоваться в а к у у м м е т р о м, шкала которого градуирована от полного вакуума (—760 мм рт. ст.) до нуля.

В табл. 45 приведены некоторые марки наиболее употребительных манометров (ГОСТ 8625—69).

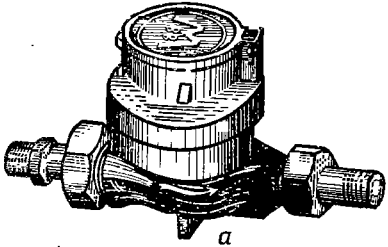
Таблица 45

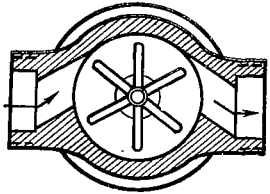
Манометр	Агент	Диапазон шкалы, кгс/см^2	Класс точности
ОБМВ1-100бф	Ф-12	—1—0—15	1,5
ОБМВ1-100бф	Ф-22; Ф-13	—1—0—24	1,5
АМВУ1-160	Аммиак	—1—0—15	1,5
АМУ1-160	»	0—25	1,5

Присоединительная трубка у этих манометров М 20×1,5. Класс точности указывает на максимальную погрешность в процентах от диапазона шкалы.

Измерение расхода жидкостей и газов. Для контроля за расходом воды применяют в о д о м е р ы типа ВК-5 и ВК-10 (рис. 129). При увеличении расхода воды скорость ее прохода через определенное сечение водомера возрастает. Вертикальная крыльчатка начинает быстрее вращаться. С осью крыльчатки через систему шестеренок связаны стрелки. Один оборот большой центральной стрелки соответствует расходу 100 л воды. Прибор показывает суммарный расход воды с момента его включения. Расход воды за определенный промежуток времени, например за месяц,

замеряется как разность показаний в конце и в начале месяца. При снятии показаний прибора учитывают обычно только положение маленьких стрелок. Например, показание прибора на рис. 129 будет 9594,15 м³ (записывают значение той цифры, которая уже пройдена стрелкой).





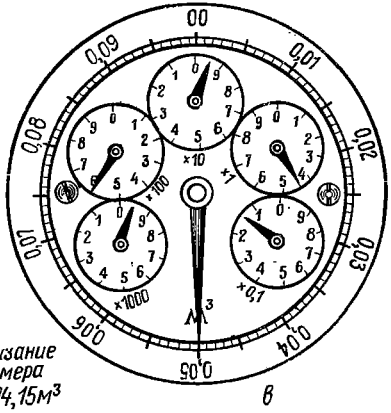


Рис. 129. Водомер ВК-5;
а — общий вид; *б* — разрез (план); *в* — циферблат.

Водомер ВК-5 дает правильные показания при расходе воды от 0,25 до 1,5 м³/ч. Длина ВК-5 со штуцерами 250 мм. Присоединительная резьба $^3/_4''$ труб. Масса 3,5 кг. Устанавливается только горизонтально, циферблатом вверх. Направление потока воды соответствует стрелке, нанесенной на корпусе.

Для определения расхода жидкости в момент наблюдения применяют р о т а м е т р. Он представляет собой ко-

ническую стеклянную с делениями трубку, в которой с небольшим зазором помещен легкий поплавок. Жидкость подается в трубку снизу и выходит сверху. При увеличении расхода жидкости поплавок поднимается, кольцевой зазор увеличивается, напор падает и поплавок устанавливается на более высоком уровне. При уменьшении расхода поплавок под действием собственной массы опускается. Аналогичные ротаметры используют и для измерения расхода воздуха.

Для записи расхода жидкостей или газов применяют дифференциальные самопишущие манометры. Для замера расхода в трубе устанавливают диафрагму (шайбу) с небольшим отверстием. С увеличением расхода жидкости разность давлений до диафрагмы и после нее, измеряемая дифференциальным манометром, увеличивается. Стрелка производит запись на вращающемся барабане.

Измерение расхода электроэнергии. Измерение расхода электроэнергии производят трехфазными электросчетчиками. Для определения расхода энергии за данный промежуток времени необходимо вычесть показания счетчика, снятые в конце и начале этого интервала. Счетчики обычно рассчитаны на нагрузку 5А при напряжении 220 или 380 В. При большей потребляемой мощности эти счетчики применяют с трансформаторами тока. При выборе трансформатора тока первичный ток принимают равным или бо́льшим номинального — тока потребителя, а номинал вторичного тока 5А.

Показания счетчика обычно выражают в киловатт-часах. Цифры на шкале счетчика после запятой (обведенные красной рамкой) показывают соответствующие доли киловатт-часа. Чтобы определить расход электроэнергии при использовании трансформаторов тока, надо разность показаний электросчетчика умножить на коэффициент трансформации (отношение номинальных значений вторичного и первичного тока трансформатора). Пусть, например, начальное показание счетчика 1943,6 квт·ч, а конечное 1952,1 квт·ч. Установлены два трансформатора тока с коэффициентом 30 : 5. В этом случае:

Разность показаний счетчика . . . 1952,1—1943,6=8,5 кВт·ч
Коэффициент трансформации . . . 30:5=6
Расход электроэнергии . . . . . 8,5 кВт·ч·6 = 51 кВт·ч

§ 3. ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ УСТАНОВОК

Режим работы холодильной установки характеризуется температурами и давлениями в различных частях холодильной установки и степенью заполнения отдельных аппаратов. Механик должен обеспечить такой режим, при котором заданная температура в охлаждаемом объекте поддерживается с наименьшим коэффициентом рабочего времени. При этом расход электроэнергии, воды и затраты на ремонт будут минимальными. Такой режим называют оптимальным.

Оптимальный режим определяется:

требуемой температурой в объекте, которая зависит от вида и срока хранения скоропортящихся продуктов;

температурой воды или воздуха, охлаждающих конденсатор;

схемой и конструкцией отдельных узлов холодильной установки;

холодильным агентом.

Механик может обеспечить оптимальный режим правильной настройкой автоматических приборов, своевременным устранением неисправностей, которые вызывают отклонение от оптимального режима, а также мерами, направленными на уменьшение теплопритоков.

Оптимальные режимы работы мелких фреоновых установок

У мелких фреоновых установок как с герметичными, так и с открытыми компрессорами имеются следующие характерные особенности.

Холодопроизводительность машины выбрана с большим запасом и регулируется цикличной работой машины. Включение компрессора осуществляется от реле давления или реле температуры. При этом коэффициент рабочего времени b при максимальных теплопритоках равен 0,6—0,8, а при минимальных 0,2—0,3.

Испарители непосредственного испарения работают, как правило, с верхней подачей холодильного агента. Заполнение их регулируется терморегулирующим вентилем или капиллярной трубкой. Конденсатор имеет воздушное или водяное (из городской сети) охлаждение. Частое открывание дверей в шкафах, прилавках и небольших камерах приводит к быстрому нарастанию инея на испарителе.

Работа их полностью автоматизирована. Оптимальный режим этих установок достигается соответствующей настройкой автоматических приборов.

Настройка реле температуры или реле давления. Режимы настройки автоматических приборов, обеспечивающие включение и остановку компрессора при достижении заданных температур, приведены в табл. 46.

Таблица 46

Охлаждаемые объекты	Температура в объекте, °С		Температура испарителя, °С		Настройка реле давлений, $p_{изб} \cdot 10^5$ Па		Рабочее давление, $p_{изб}$ (10^5 Па)
	выключение	включение	выключение	включение	выключение	включение	
Шкафы	0	3	—18	— 2	0,6	2,0	1,0
Прилавки	2	4	—16	0	0,7	2,2	1,1
Витрины	4	6	—14	2	0,9	2,4	1,3
Камеры:							
фруктовая	4	6	—14	2	0,9	2,4	1,3
гастрономическая	2	4	—16	0	0,8	2,2	1,2
мясная	—1	1	—20	— 4	0,5	1,8	0,9
рыбная	—3	—1	—22	— 6	0,4	1,6	0,7
Низкотемпературные прилавки и камеры	—16	—12	—28	—17	0,1	0,7	0,3
Водоохладители	9	14	2	12	2,4	3,6	2,7

Если чувствительный элемент воспринимает непосредственно $t_{об}$, то настройка реле температуры соответствует максимально допустимым колебаниям $t_{об}$ (2-я и 3-я колонки). Если реле температуры воспринимает температуру испарителя, то настройка включения и выключения соответствует 4-й и 5-й колонкам.

Разность между температурой воздуха в объекте и температурой кипения при оптимальном заполнении испарителя зависит от его конструкции и поверхности охлаждения. У большинства мелких фреоновых машин поверхность поставляемого испарителя обеспечивает заданную холодопроизводительность при средней (за время работы

компрессора) разности температур $t_{об} - t_0 = 15 \div 20°$ С. Для низкотемпературного оборудования поверхность испарителей больше, и указанная разность снижается примерно до 10° С. После остановки компрессора t_0 растет (см. рис. 69, *в*), и к моменту включения разность $t_{об} - t_0 = 2 \div 4°$ С.

Аналогично осуществляется и настройка реле давления (6-я и 7-я колонки в табл. 46). В шкафах торгового типа, где продукты хранятся обычно не более суток, допустимый верхний предел температуры 6—7° С. В этих случаях $РД_н$ настраивают так, чтобы в период стоянки компрессора температура в испарителе поднялась бы до 1—2° С, т. е. на включение при $(2{,}3—2{,}4)10^5$ Па. Это обеспечивает оттаивание инея с испарителей за период стоянки компрессора. При более низких температурах объекта, когда толщина инея достигает 3—4 мм оттаивание производят остановкой компрессора.

Настройка терморегулирующего вентиля. Настройка ТРВ в машинах без теплообменника должна обеспечивать перегрев в испарителе 6—7° С, когда шкаф не загружен продуктами. С увеличением тепловой нагрузки среднее значение перегрева при той же настройке возрастает до 10—15° С, оставаясь при этом оптимальным.

При наличии теплообменника оптимальный перегрев равен 2—3° С, что практически соответствует 100%-ному заполнению испарителя жидкостью.

Учитывая трудность измерения температуры пара на выходе из испарителя, ТРВ обычно настраивают по давлению, которое устанавливается в испарителе через 1—2 мин после включения компрессора ($p_{раб}$). Величина этого давления должна быть на $(0{,}3—0{,}5)\ 10^5$ Па выше давления выключения. Внешним признаком правильного заполнения испарителя для шкафов с $t_{об}$ 0—6° С является равномерное покрытие испарителя и всасывающего трубопровода примерно на 1 м от испарителя инеем. У низкотемпературных прилавков весь всасывающий трубопровод покрывается инеем, но головка и цилиндр компрессора обмерзать не должны.

В машинах с капиллярной трубкой указанное заполнение испарителя достигается точной зарядкой холодильного агента, которую следует производить при температуре воздуха около 25° С. При обмерзании компрессора часть агента постепенно надо выпустить из системы.

Температура конденсации. В машинах с воздушным охлаждением конденсатора температура конденсации не регулируется. Поверхность конденсатора обычно обеспечивает заданную холодопроизводительность при разности между температурой конденсации $t_к$ и температурой воздуха 10—12° С.

В машинах с водяным охлаждением конденсатора оптимальное давление конденсации можно поддерживать водорегулирующим вентилем. Температура воды на выходе из конденсатора $t_{вд_2}$ и соответственно нагрев воды в конденсаторе ($t_{вд_2} - t_{вд_1}$) зависят от количества подаваемой воды: с уменьшением подачи воды $t_{вд_2}$ растет, и давление в конденсаторе увеличивается. Это снижает холодопроизводительность установки, увеличивает расход электроэнергии и число отказов. Слишком большая подача воды резко увеличивает расходы на воду. При оптимальном расходе воды, т. е. когда суммарные затраты на электроэнергию, воду и устранение отказов минимальны, нагрев воды в конденсаторе летом в условиях Москвы, т. е. при $t_{вд_1} = 20°$ С, равен 6—8° С.

Температура конденсации на 0,5—1° С выше температуры воды на выходе. При длительной эксплуатации конденсатор загрязняется, и значение $t_к - t_{вд_2}$ увеличивается до 3—4° С.

Таким образом, если $t_{вд_1}$ равно 20° С, то $t_{вд_2}$=26° С и $t_к$= = 27÷30° С. Этой температуре соответствует избыточное давление конденсации 6 — 6,6·10^5 Па.

Для южных районов ($t_{вд_1} = 25°$ С) оптимальное давление конденсации равно 7—7,6·10^5 Па.

Указанные оптимальные давления следует поддерживать и зимой ($t_{вд_1} = 3$—5° С). При этом нагрев воды в конденсаторе увеличится до 20—25° С.

Температура нагнетания. Температура после сжатия пара в компрессоре $t_н$ устанавливается в зависимости от температур кипения, всасывания и конденсации.

При сжатии насыщенного пара фреона-12 с давление, соответствующего температуре $t_0 = -15 \div -30°$ С до избыточного давления 6,6 ат ($t_к = 30°$ С), температура нагнетания $t_н = 40 \div 45°$ С. При перегреве всасывающего пара примерно на столько же градусов возрастает $t_н$. Так при наличии теплообменника $t_{вс}$ увеличивается примерно на 30° С, и температура нагнетания установится 70—75° С.

Аналогично влияет и температура конденсации. С уве-

личением $t_к$ на несколько градусов примерно на столько же увеличивается и температура нагнетания.

Заметное отклонение температуры нагнетания от нормальной (более 15°С) указывает на неправильный режим или на неисправности в компрессоре.

Помимо указанного температурного режима, нормальная работа холодильной установки характеризуется следующими дополнительными признаками:

компрессор работает без стука;

обеспечивается надежная смазка всех трущихся частей; температура картера компрессора и электродвигателя при этом не превышает температуры окружающего воздуха более чем на 15—20° С;

холодильная машина полностью герметична;

отсутствуют искрение контактов, гудение в магнитном пускателе и нагрев электропроводки.

Приборы автоматической защиты должны останавливать компрессор при опасном режиме (давление конденсации выше $11{,}5 \cdot 10^5$ Па, ток в силовой цепи электродвигателя более чем на 20% превышает номинальное значение).

Оптимальные режимы работы аммиачных установок

В установках с рассольным охлаждением температура рассола, подаваемого в батареи, на 7—10° С ниже температуры воздуха в наиболее холодной камере. Более высокая температура в других камерах обеспечивается соответствующим уменьшением поверхности охлаждающих батарей или количества подаваемого рассола (прикрытием задвижек). Рассол в камерах нагревается до 2—3° С (зависит от количества циркулирующего рассола).

Температура кипения должна быть на 4—6° С ниже средней температуры рассола. При непосредственном охлаждении температура кипения (как и рассола) на 7—10° С ниже температуры в камере.

Заполнение испарителя контролируется по перегреву всасываемого пара. Оптимальное значение общего перегрева (в испарителе и во всасывающем трубопроводе) для аммиачных машин находится в пределах 5—15° С. Увеличение перегрева на всасывании снижает производительность компрессора и увеличивает температуру нагнетания. Снижение перегрева создает опасность попадания в компрессор жидкого аммиака.

Температура конденсации, как и у фреоновых машин, на 1—2° С выше температуры выходящей воды $t_{вд2}$. Температура нагрева воды в конденсаторе при использовании воды из городской сети равна 4—6° С, что соответствует давлению конденсации в летнее время при $t_{вд1} = 20°$ С $(9{,}5—11) \cdot 10^5$ Па. Учитывая высокую опасность аммиака, в зимнее время (т. е. при наличии более холодной воды) следует поддерживать более низкое давление $(7—8) \cdot 10^5$ Па. При использовании оборотной воды (охлаждаемой в градирнях или брызгальных бассейнах) следует подавать в конденсатор максимально возможное количество воды. При этом в конденсаторе она нагревается до 2—4° С, а температура конденсации $t_к = t_{вд2} + 3—4°$ С.

Температура нагнетания в аммиачных машинах определяется не только температурами $t_э$, $t_к$ и $t_{вс}$, но также температурой и количеством воды, подаваемой в водяную рубашку компрессора. Для компрессоров, работающих на камеры с нулевыми температурами, она должна быть 90—110° С, для компрессоров, работающих на низкотемпературные камеры — 15°С(—110÷—130° С) и ни при каких режимах она не должна быть выше —150° С.

Снижение указанных значений $t_н$ более чем на 15° С, возникает при работе влажным ходом. Значительное увеличение перегрева может быть вызвано неисправностями компрессора (неплотность всасывающих или нагнетательных клапанов, поршневых колец).

Давление масла после масляного насоса на $(1—1{,}5) \cdot 10^5$ Па должно превышать давление в картере.

§ 4. ОСНОВНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ В РАБОТЕ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Неисправностью называют всякое отклонение от оптимального режима работы установки. Небольшие отклонения, которые лишь снижают экономичность работы, обычно устраняются при профилактическом ремонте. Существенные отклонения от оптимального режима — отказы, при которых установка уже не обеспечивает заданный технологический режим или становится опасной, устраняются в аварийном порядке.

Основные неисправности мелких фреоновых машин и способы их устранения представлены в табл. 47.

Таблица 47

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
Чрезмерные теплопритоки в охлаждаемый объект (коэффициент рабочего времени b близок или равен 1, при этом температура охлаждаемого объекта выше требуемой и давление в испарителе повышено)	Оборудование перегружено теплыми продуктами		Уменьшить загрузку
	Нарушена изоляция	Увлажнение в местах нарушения	Заменить изоляцию
	Неплотное прилегание дверок	Быстрое нарастание инея на испарителе	Проверить уплотнительную резину и при необходимости заменить замок
	Частое открывание дверок	То же	
	Самовыделение тепла при разложении продуктов (при порче фруктов, ягод)	Специфический запах	Убрать испорченные продукты, провентилировать камеру
	Завышены площадь или объем оборудования		Проверить расчетом
	Слишком высокая температура окружающей среды		
Снижение холодопроизводительности машины. Коэффициент рабочего времени b близок или равен 1,0; при $b=1$ температура в охлаждаемом объекте выше требуемой, теплопритоки нормальные. При этом	Потеря холодопроизводительности компрессора		
	Поломка всасывающего клапана	Нагрев всасывающего трубопровода в той части крышки цилиндра, где расположен всасывающий клапан	Закрыть всасывающий вентиль; отсосать из картера пары фреона; закрыть нагнетательный вентиль; снять головку и сменить клапаны. Герметичный компрессор отправить в ремонт

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
Чрезмерно высокое давление в испарителе	Неплотность или поломка нагнетательного клапана	Сильный нагрев нагнетательного трубопровода и головки блока цилиндров	Притереть пластины к седлу, заменить покоробленные пластины клапанов. Если забито седло, а также герметичный компрессор, отправить в ремонт
	Перепуск сжатых паров на сторону всасывания через прокладки под крышкой цилиндра	Нагрев всего компрессора; нагнетательный трубопровод холоднее обычного	Заменить прокладку под крышкой цилиндра или положить 2—3 слоя пергаментной бумаги на среднюю перемычку
	Проскальзывает ремень	При нажатии пальцем прогиб более 2—3 см	Натянуть ремень перемещением электродвигателя
	Износ цилиндра или поршневых колец	Нагрев средней части цилиндров. Постепенное снижение производительности (с годами)	Направить агрегат в ремонт
	Увеличенный зазор между ротором и цилиндром в ротационных компрессорах или между лопастью и пазом в цилиндре	Нагрев всего компрессора	То же

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
Чрезмерно низкое давление в испарителе	Поломка пружины лопасти в ротационных компрессорах		Перекрыть вентили компрессора, постепенно выпустить фреон и заменить пружину
	Чрезмерная подача хладагента в испаритель		
	Выход иглы из дроссельного отверстия ТРВ, чувствительный патрон ТРВ укреплен далеко от испарителя (в теплом месте)	При закрытии жидкого вентиля на ресивере давление в испарителе быстро падает, а регулировка ТРВ не дает результата	Заменить ТРВ, направив его в ремонт. Укрепить патрон на всасывающем трубопроводе ближе к испарителю
	Засор трубопровода или фильтра на всасывающей линии	При ослаблении гайки на входе в испаритель из него выходит фреон, а в картере компрессора вакуум	Устранить засор продувкой или механическим путем
	Прекращение или недостаточная подача хладагента в испаритель		
	замерзание влаги в ТРВ	Отогревание ТРВ приводит к резкому повышению давления	Установить на несколько дней цеолитовый осушитель
	засорение сетки фильтра на входном штуцере ТРВ	Обмерзание входного штуцера ТРВ	Снять сетку и промыть в бензине

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
Понижено давление в испарителе	выход фреона из чувствительного патрона ТРВ, порвана мембрана	В открытом положении воздух не проходит через ТРВ	Заменить весь прибор
	засорение жидкостного фильтра	До наступления полного засорения обмерзает жидкостной трубопровод	Сконденсировать фреон в ресивер, перекрыть ТРВ и промыть в бензине или заменить сетки фильтра
	засорение жидкостного вентиля	При вскрытом фильтре и при давлении в ресивере из него не выходит жидкий фреон	Направить агрегат в ремонт
	в системе нет жидкого фреона	Давление в конденсаторе ниже давления насыщенных паров	Найти место утечки и устранить ее, зарядить фреоном
	Недостаточное количество фреона в системе		
	небольшой недостаток фреона	Повышенный перегрев на всасывании, последние 2—3 калача на испарителе не покрываются инеем	Проверить герметичность системы и добавить 30% первоначальной зарядки фреона
	значительный недостаток фреона в системе	Обмерзает только часть испарителя после ТРВ. В машинах с РД компрессор работает короткими циклами, с РТ — непрерывно	Устранить утечку, зарядить систему фреоном в количестве 60—70% первоначальной зарядки

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
Высокое давление после компрессора	Снижение холодопроизводительности испарителя наружная поверхность испарителя покрыта «снеговой шубой»		Произвести оттаивание испарителя
	нарушен контакт между трубками и ребрами испарителя	При увеличении подачи открытием ТРВ компрессор начинает работать влажным ходом	Заменить испаритель или направить его в ремонт
	большое количество масла в испарителе	Снижение уровня масла в картере компрессора	Открыть ТРВ и поработать 15—20 мин влажным ходом, чтобы вернуть масло в картер
	Закрыт или мало открыт нагнетательный вентиль	При включении компрессора срабатывает маноконтроллер	Полностью открыт нагнетательный вентиль компрессора
	Засорилась трубка одной из секций конденсатора	Одна из секций холоднее, чем остальные	Направить агрегат в ремоит
	Недостаточный доступ охлаждающего воздуха	Разность между температурами воздуха на входе и выходе из конденсатора больше 10° С	Обеспечить необходимый доступ воздуха, проверить направление вращения крыльчатки
	Недостаточная подача воды в конденсаторе	Повышенный нагрев воды в коиденсаторе	Увеличить подачу воды, при необходимости заменить пружину ВРВ

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
	Загрязнение конденсатора	Нагрев воды или воздуха при прохождении через конденсатор всего на 1—2°С	Очистить конденсатор от пыли и при необходимости промыть горячей водой. Конденсатор с водяным охлаждением направить в ремонт
	Высокая температура охлаждающей среды	($t_к$—$t_{окр.\ среды}$) нормальная	Установить агрегат в более прохладном месте
	Присутствие воздуха в системе	Высокая температура крышки блока цилиндров и нагнетательного трубопровода	Сконденсировать фреон и через 1 ч, ослабив гайку на тройнике нагнетательного вентиля, спустить воздух до давления насыщенных паров
	Система перезаряжена хладагентом	Повышенное давление в испарителе	Спустить часть холодильного агента
	Система перезаряжена маслом	Пониженное давление в испарителе	Отсосать фреон в баллон и выпустить масло из ресивера
	При пуске отепленной установки	Высокое давление в испарителе	Перекрыть всасывающий вентиль компрессора до наступления установившегося режима

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
Неисправности, не связанные с нарушением температурного режима в охлаждаемом объекте	Стуки в машине удары ремня о диффузор	Ремень расслоился или слабо натянут	Сменить ремень, обеспечить натяжение ремня смещением двигателя
	задевание крыльчатки о диффузор	Задевание слышно при повороте вручную	Переместить диффузор
	большой зазор между шпонкой и пазом ступицы маховика	Стук слышен при покачивании маховика без ремня	Подтянуть гайку маховика, заменить шпонку. При большой выработке паза направить агрегат в ремонт
	Ослабло крепление розетки к клапанной доске	Стук слышен в крышке блока цилиндров	Снять крышку и надежно укрепить розетку
	Удары поршня по клапанной доске	Влажный ход	Прикрыть ТРВ
	Задевание шплинта шатунного болта о картер	Характерный блеск на конце шплинта	Вскрыть картер и отогнуть шплинт
	Износ коренных подшипников, шатунных и пальцев	Стук усиливается при закрытом всасывающем вентиле	Направить агрегат в ремонт
	Ослабление буферной пружины	Стук в крышке блока цилиндров	Заменить пружину или подложить под нее пластину

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
	Неисправности системы смазки		
	недостаток масла в картере из-за необеспеченного возврата	Нагрев подшипников. Недостаток фреона в системе	Вернуть масло в картер, проработав 20—30 мин влажным ходом. Добавить в систему фреона
	недостаток масла в системе	То же. Вернуть масло в картер не удается	Добавить масло в систему
	засорение отверстий для подачи масла	Перегрев отдельных узлов, куда не попадает масло	Разобрать компрессор и прочистить отверстия или направить агрегат в ремонт
	неисправность маслонасоса (для компрессоров с принудительной смазкой)	Разность давлений нагнетания масла и в картере меньше $1 \cdot 10^5$ Па	Вскрыть картер и проверить фильтры. Если фильтры чистые, отправить компрессор в ремонт
	Негерметичность системы		
	неплотность соединений	Масляные пятна	Подтяиуть гайки или повторно отбортовать трубку
	задир трущейся поверхности сальника	То же	Снять и притереть сальник компрессора
	нарушена герметичность гофры сильфона (сальника, РД-1)	В системе мало фреона	Заменить сальник или прибор и дозарядить систему

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
	Неисправности защитных устройств		
	не срабатывает маноконтроллер	При проверке давление более $11{,}5 \cdot 10^5$ Па	Отрегулировать или заменить РД-1
	часто срабатывает тепловая защита МП или АП-50	Сила тока и напряжение нормальные	Заменить МП или АП-50
	не отрегулирована или неправильно подобрана тепловая защита или АП-50	При включении электродвигателя на двух фазах тепловая защита МП не срабатывает за 40 с; АП-50 не срабатывает за 20 с	Отрегулировать или поставить тепловой элемент на номер ниже. Заменить АП-50
Неисправности электропусковых приборов и электродвигателей	В цепи управления		
	перегорела катушка магнитного пускателя	Контрольная лампа загорается при подключении ее к клеммам катушки	Обесточить МП и сменить катушку
	засорилось отверстие на штуцере прессостата. Обрыв тяги	При повышении давления контакты РД-1 не замыкаются	Прочистить отверстие в штуцере прессостата. Заменить тягу.
	вышел фреон из чувствительного патрона реле температуры	Реле температуры не реагирует на изменение температуры	Заменить реле температуры

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
	Разрыв цепи в электроподводке	Место обрыва подгорает	Устранить
	Неплотное прилегание контактов РД-1 или тепловой защиты	Дребезжание МП, искрение в контактах	Снять напряжение и подогнуть контакты
	Контакты РД-1 не размыкаются	Температура в охлаждаемом объекте ниже требуемой	Сменить магнит в РД-1. Отрегулировать или заменить прибор
	Неисправности силовой цепи электродвигателей		
	отсутствует напряжение в одной из трех фаз	При пуске двигатель гудит, греется и не включается	Проверить плавкие предохранители и места соединений в электроподводке
	пробой изоляции двигателя на корпус	Контрольная лампа, подсоединенная к заземлителю и корпусу, загорается	Направить электродвигатель в ремонт
	межвитковое замыкание двигателя	Двигатель гудит и перегревается. В одной из фаз увеличенная сила тока	То же
	неправильная центровка двигателя с приводом	Повышенный нагрев в подшипниках	Повернуть двигатель, чтобы шкив и маховик были в одной плоскости
	мало смазки в подшипниках	То же	Смазать подшипники

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
	повреждение подшипников	Стук в подшипниках	Заменить подшипники
	Неисправности в магнитном пускателе		
	перекос или неполное притяжение якоря	Гудение в магнитном пускателе	Ослабить затяжку пружины силовых контактов
	обрыв короткозамкнутого витка на сердечнике	То же	Спаять место обрыва
	плохо затянуты винты, крепящие сердечник	» »	Затянуть винты
	загрязнение или забоины на прилегающих поверхностях электромагнита	» »	Протереть поверхности электромагнита чистой ветошью
	заедание в механизме МП	При размыкании контактов РД-1 двигатель продолжает работать	Разобрать МП и устранить причину заедания
Неисправности рассольной системы	Потеря производительности насоса		
	засорение фильтра перед насосом	Снижение напора струи на сливной линии. Оттаивание трубопровода после места засора	Разобрать и прочистить фильтр
	засорение дисков рабочего колеса	То же	Разобрать и прочистить рабочее колесо

Продолжение

Неисправность (отклонения от оптимального режима)	Причина неисправности	Признак неисправности	Способ устранения неисправности
	Изменено направление вращения диска	Внезапное отепление всех камер	Поменять фазы в электросети
	сорвана шпонка диска	Тс же; вал вращается	Сменить шпонку
	сгорел электродвигатель	То же; нет вращения вала	Заменить электродвигатель
	Прекращение циркуляции рассола через одну из камер		
	воздушиая пробка в одной из батарей	Не обеспечивается температура только в одной камере	Перекрыть остальные батареи, включить насос и открыть воздушный краник до появления рассола, или увеличить напор насоса, прикрыв сливную линию
	засорение трубопровода перед задвижкой или фильтра на входе	То же	Устранить засор, прочистить фильтр
	Не открывается соленоидный вентиль	Внезапное прекращение подачи рассола	До устранения причины отказа винтом принудительно открыть клапан СВ
	соленоидный вентиль не закрывается	Понижена температура в камере	Разобрать СВ и прочистить отверстие слива жидкости
	большой слой инея на батареях	Нагрев рассола в батарее меньше 1° С	Произвести оттаивание

§ 5. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЙ ОСМОТР И МЕЛКИЙ РЕМОНТ МАЛЫХ ФРЕОНОВЫХ УСТАНОВОК

При посещении установки с целью профилактического ремонта механик производит осмотр и, если обнаружены неисправности, вызывающие отклонение от нормального (оптимального) режима, то и необходимый мелкий ремонт.

Проверка режима работы и технического состояния

Проверка режима работы. При проверке режима определяют температуру в охлаждаемом объекте в моменты включения и остановки компрессора. Обычно применяют термометры с ценой деления 1° С или суточные термографы, устанавливая их на средней полке в шкафу или прилавке. Через 20 мин после установки необходимо проверить, соответствует ли температура, записываемая термографом, показаниям термометра. При отклонении более чем на 1° С винтом следует подрегулировать термограф до полного соответствия.

Давление всасывания в моменты включения и остановки компрессора и рабочее давление проверяют мановакуумметром, подсоединяя его к тройнику всасывающего вентиля. Для этого вентиль перекрывают на тройник (против часовой стрелки до отказа), снимают заглушку с тройника, присоединяют мановакуумметр и, открыв на пол-оборота вентиль, продувают парами фреона присоединительную трубку. При появлении паров (через 1—2 с) гайку затягивают. В герметичных машинах во избежание возможного попадания воздуха в систему манометры следует ставить лишь в крайних случаях, т. е. если не удается установить причину отклонений от оптимального режима.

Заполнение испарителя проверяют визуально по обмерзанию ребер и начала всасывающего трубопровода. При недостаточном заполнении больше открывают *ТРВ*. Если заполнение осталось недостаточным, то фиксируют необходимость прочистки жидкостных фильтров или дополнительной дозарядки агрегата фреоном.

Проверяют давление нагнетания, присоединив мановакуумметр к тройнику нагнетательного вентиля. Если при стоянке компрессора (более 30 мин) давление в конденсаторе превышает давление насыщенных паров (при данной

температуре в помещении) более чем на 10^5 Па, то фиксируют наличие воздуха в системе. Для проверки настройки РД искусственно повышают давление, щитком преграждая доступ воздуха к конденсатору, и фиксируют срабатывание мановакуумметра. В машинах с водяным охлаждением для этого уменьшают подачу воды.

Температуру воды на входе и выходе из конденсатора замеряют термометрами с ценой деления 0,1°С, расход воды — литровой банкой, замеряя продолжительность ее наполнения. Если разность между температурой конденсации (определенной по давлению) и температурой воды на выходе $t_{вд_2}$ более 5° С, то фиксируют необходимость очистки конденсатора от водяного камня (в условиях мастерских).

При повышенной температуре в объекте, при работе компрессора без выключения или с высоким коэффициентом рабочего времени (определяется по циклограмме как отношение суммы отрезков времени работы к общей продолжительности записи) и при повышенном давлении всасывания, проверяют производительность компрессора.

О холодопроизводительности компрессора можно судить по максимальной степени сжатия. Для этого перекрывают всасывающий вентиль (по часовой стрелке до отказа) и замеряют давление нагнетания и всасывания. Нормальное отношение абсолютных давлений нагнетания и всасывания равно 20—25. При пониженном отношении давлений фиксируют необходимость проверки клапанов со вскрытием компрессора или отправки машины в ремонт.

Проверяют, нет ли стука при работе компрессора и электродвигателя. При наличии стука в компрессоре фиксируют необходимость отправки его в ремонт. Подшипники электродвигателя заменяют на объекте.

Нагрев компрессора и электродвигателя определяют на ощупь. При повышенном нагреве верхней части цилиндра фиксируют необходимость разборки клапанов. При нагреве электродвигателя следует проверить амперметром величину тока в каждой фазе. Если потребляемый ток превышает номинальный более чем на 15% или величина тока в одной из фаз больше, чем в других, то электродвигатель следует направить в ремонт. В компрессоре проверяют, кроме того, уровень масла, натяжение клиновых ремней и наличие ограждений.

В машинах с водяным охлаждением конденсатора проверяют, чтобы при остановке компрессора водорегулирую-

щий или соленоидный вентили обеспечивали перекрытие подачи воды.

Осмотр предусматривает также обязательное выполнение ряда профилактических мероприятий, обеспечивающих значительное снижение аварийных отказов.

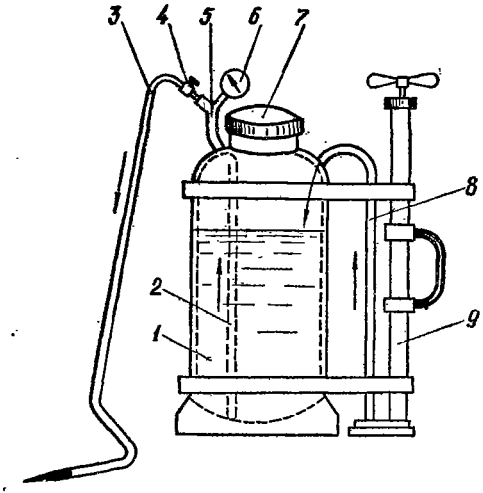


Рис. 130. Приспособление для промывки конденсаторов воздушного охлаждения:

1 — резервуар; *2* — внутренняя трубка; *3* — шланг с наконечником; *4* — кран; *5* — тройник; *6* — манометр; *7* — горловина с крышкой; *8* — кислородный шланг; *9* — автомобильный насос.

Проверка герметичности. Все соединения, особенно сальник вала компрессора, тщательно проверяют на герметичность галоидной горелкой. На негерметичность сальника указывает также наличие брызг масла на установленном около маховика листе чистой бумаги. В машинах типа ФАК, имеющих двойной сальник, открывают масляную ванночку. Наличие в масле пузырьков указывает на негерметичность внутреннего сальника, отсутствие масла — на негерметичность наружного сальника. В обоих случаях необходимо заменить соответствующий сальник и залить масло в ванночку.

Очистка конденсатора от загрязнений. Рубильником или автоматом АП-50 отключают агрегат, снимают с рамы электродвигатель, диффузор (у конденсаторов воздушного охлаждения) и прочищают конденсатор от пыли волосяной щеткой, затем промывают теплой водой (не выше 50° С). Если ребра конденсатора забиты липкой грязью, то применяют 3—5%-ный теплый раствор кальцинированной соды. Для промывки используют приспособление (рис. 130), которое состоит из резервуара (типа огнетушителя) с автомобильным насосом, соединенным с резервуаром кислородным шлангом с обратным клапаном. В резервуар заливают 6—7 л горячей воды или раствора, насосом создают избыточное давление $2—3 \cdot 10^5$ Па и, открывая кран на шланге с наконечником, промывают ребра конденсатора. Затем оставшуюся на поверхности конденсатора воду удаляют сжатым воздухом из того же приспособления.

Водяной камень в кожухотрубных конденсаторах удаляют (при необходимости) стальными ершами или шарожками с гибким валом, применяют также химическую очистку технической соляной кислотой (30%-ной концентрации), разбавляя ее равным объемом воды и добавляя на 1 м³ раствора 50 г твердого уротропина, чтобы кислота не действовала на металл. Раствор при помощи специального насоса циркулирует через конденсатор. Остатки камня удаляют механическим способом, после чего конденсатор промывают водой.

Смазка подшипников электродвигателя. Для смазки подшипников отвинчивают крышки электродвигателя, разбирают его и вынимают ротор с подшипниками, промывают их в бензине (при необходимости заменяют), затем смазывают и собирают. Подшипники качения смазывают 1 раз в 6 месяцев жировым солидолом марки Т или универсальной среднеплавкой смазкой УС-3. Если агрегат расположен в помещениях с высокой температурой (более 30° С), то смазывают жировым консталином марки М или универсальной тугоплавкой смазкой УТ-1.

Подшипники скольжения смазывают 1 раз в 3 месяца маслом марки «Веретенное-2» или «Индустриальное-12».

Электродвигатель укрепляют на агрегате так, чтобы крыльчатка не задевала за диффузор.

Профилактический ремонт магнитного пускателя. Его производят не реже 1 раза в 3 месяца. Пускатель отключают рубильником, автоматом АП-50, а при необходимости

еще и тумблером в цепи управления, затем снимают крышку, очищают от пыли и грязи и подтягивают винты крепления деталей и контактных зажимов. Нажатием руки на якорь пускателя убеждаются в свободном ходе его подвижной системы и исправности возвратных пружин. При снятии усилия якорь должен свободно возвращаться в исходное положение.

При наличии нагара на поверхности контактов их зачищают тонкой шкуркой, промывают спиртом или ацетоном и вытирают чистой сухой тканью. Если контакты одной из фаз сильно изношены (так в основном и бывает в эксплуатации), их необходимо заменить запасными независимо от состояния контактов других фаз.

Проверка технического состояния заземляющих устройств. Для безопасности эксплуатации корпус охлаждаемого объекта, щиток с электропусковыми приборами и холодильный агрегат должны быть заземлены. Для проверки прочности заземляющих проводов и их сопротивления холодильный агрегат отключают от сети рубильником или автоматом АП-50.

При проверке сопротивления один провод амперволь тметра подключают к заземленному объекту, а второй — к одной из входных клемм рубильника или автомата АП-50. Если сопротивление более 4 Ом, то машину необходимо отключить и срочно вызвать электрика для устранения повреждения заземляющего устройства.

Прочие работы при техническом осмотре. При профилактическом осмотре, кроме указанных выше, выполняют следующие работы: подтягивают все винты крепления деталей электрооборудования, электросхемы и уплотнение соединений фреоновых трубопроводов, натягивают или заменяют клиновидные ремни, заменяют потрескавшуюся уплотнительную резину, неисправные петли и замки и очищают все оборудование от пыли и грязи.

Мелкий ремонт

Малый (текущий) ремонт включает в себя все работы по устранению неисправностей, которые были обнаружены при проверке режима работы машины во время осмотра. К ним относится добавление в систему фреона и масла, замена сальников и клапанов, очистка фильтров и др.

Дозарядка системы фреоном. Перед зарядкой фреоном

систему тщательно проверяют на герметичность и устраняют неплотности. На малых установках фреон вводят через тройник всасывающего вентиля. Учитывая, что влажность фреона часто бывает повышенной, дозарядку следует производить через технологический осушительный цеолитовый патрон. Перед зарядкой баллон взвешивают и записывают его массу.

Для дозарядки жидкостной вентиль на ресивере закрывают, а всасывающий перекрывают на тройник. Затем отсоединяют прессостат и присоединяют к одному концу тройника мановакуумметр, а к другому — последовательно осушительный патрон и баллон с фреоном. Перед затяжкой накидных гаек присоединительную трубку и патрон продувают фреоном из баллона. После этого закрывают всасывающий вентиль на испаритель, принудительно включают компрессор и открывают вентиль на баллоне так, чтобы избыточное давление всасывания не превышало (1—1,5) 10^5 Па.

После добавления небольшой порции фреона всасывающий вентиль перекрывают на тройник, а жидкостной открывают, проверяя степень заполнения системы. При открытом терморегулирующем вентиле всасывающий трубопровод должен покрываться инеем, а крышка блока цилиндров слегка обмерзать. Если фреона недостаточно, то добавляют еще порцию. По окончании зарядки баллон взвешивают и записывают в журнал технического обслуживания количество заряженного фреона.

Дозарядка системы маслом. Масло добавляют в систему через отверстие в картере. Всасывающий вентиль закрывают на систему, отсасывают из картера пары фреона до избыточного давления 0 Па, и, остановив компрессор, закрывают нагнетательный вентиль. Отвернув пробку на картере, через воронку заливают масло, чтобы уровень его был на 15—20 мм ниже отверстия или до середины уровня смотрового стекла. Заменив прокладку, отверстие закрывают пробкой.

Для удаления воздуха из картера на 2—3 нитки отворачивают накидную гайку на штуцере тройника нагнетательного вентиля и включают компрессор. Через 2—3 мин затягивают накидную гайку, останавливают компрессор, перекрывают всасывающий вентиль на тройник, снимают манометр, ставят заглушку, устанавливают вентили в рабочее положение и подтягивают буксы сальников.

Замена сальников компрессора. Перед разборкой сальника закрывают всасывающий вентиль, отсасывают из картера фреон и закрывают нагнетательный вентиль. Негерметичные сильфонные сальники заменяют новыми. В бессильфонных сальниках заменяют уплотнительные и трущиеся кольца. Трущиеся поверхности новых сальников тщательно притирают, затем промывают в бензине и смазывают маслом.

В машинах типа ФАК (двойные сильфонные сальники) после замены сальников необходимо залить масло в ванночку сальника, пока через контрольную пробку не пройдет масло. Затем контрольную пробку и пробку ванночки затягивают, добавляют масла в картер и проверяют герметичность компрессора галоидной горелкой.

Проверка и замена клапанов и всасывающего фильтра. При проверке клананов перекрывают всасывающий вентиль, отсасывают из картера на сколько возможно пары фреона и закрывают нагнетательный вентиль. Отсоединяют от компрессора фланец нагнетательного вентиля и снимают крышку блока цилиндров и клапанную доску. При удалении сломанного клапана надо внимательно следить, чтобы осколки его не остались в компрессоре. Это может привести к задирам поверхности цилиндра. Если забито седло клапана, то заменяют клапанную доску. Следует проследить за тем, чтобы поверхность пластины была тщательно притерта, а пластины клапана были бы ровными и без заусенцев. Под клананную доску и под крышку устанавливают новые прокладки.

Для проверки фильтра отсоединяют фланец всасывающего вентиля. Фильтр промывают в бензине и устанавливают на место. После замены клапанов и очистки фильтра из компрессора удаляют воздух.

Очистка жидкостного фильтра и проверка терморегулирующего вентиля. При недостаточной подаче жидкости в испаритель проверяют фильтры на жидкостной линии и ТРВ. Перед вскрытием жидкостной линии необходимо весь фреон собрать в ресивере (сконденсировать), оставив в испарителе небольшое избыточное давление $(0{,}2—0{,}3) \cdot 10^5$ Па, чтобы при вскрытии системы в него не попал воздух. Перед началом работ испаритель и трубопроводы следует прогреть до комнатной температуры, так как случайное попадание воздуха в систему при соприкосновении его с холодной поверхностью вызывает конденсацию влаги.

Чтобы сконденсировать фреон, закрывают вентиль на ресивере, отсасывают пары из испарителя до $0{,}2 \cdot 10^5$ Па и закрывают нагнетательный вентиль компрессора во избежание перепуска пара через неплотности в клапанах и терморегулирующем вентиле. После разборки фильтра прокладки и сетки промывают в бензине или заменяют. Перед пуском машины необходимо продуть жидкостную трубку, ослабив гайку на входе в терморегулирующий вентиль и открыв на секунду жидкостной вентиль. Аналогично проводят замену ТРВ.

Удаление воздуха из системы. В случае попадания воздуха в систему и повышения давления конденсации необходимо сконденсировать фреон, снять ремень и, включив электродвигатель, вентилятором охладить конденсатор. Через 20—30 мин, когда ресивер и конденсатор охладятся до температуры помещения, нужно установить манометр на тройнике нагнетательного вентиля и, ослабляя гайку тройника, небольшими порциями выпускать воздух, проверяя все время давление конденсации. Оно должно стать примерно на $0{,}5 \cdot 10^5$ Па выше давления насыщенных паров при данной температуре. Дальнейшее снижение давления может привести к выпуску большого количества фреона.

Консервация холодильной машины. Консервацией называют остановку машины на длительный срок. Для этого закрывают вентиль на ресивере и конденсируют фреон, оставив в испарителе лишь небольшое избыточное давление. Выключают рубильники или АП-50, вывинчивают пробки перед рубильником и в цепи управления и перекрывают все вентили. Проверяют герметичность системы, ослабляют натяжение ремней, прокладывают промасленную бумагу между контактами магнитного пускателя во избежание случайного пуска машины с закрытыми вентилями. Если агрегат находится в сыром помещении, то электродвигатель демонтируют и хранят его в сухом месте. Хромированные детали агрегата покрывают тонким слоем технического вазелина.

Правила эксплуатации холодильного оборудования

По окончании профилактического ремонта в журнале технического обслуживания механики указывают перечень выполненных работ, дают указания владельцу машины о мероприятиях, которые следует провести для приведения

машины в нормальное техническое состояние, и проводят инструктаж работников торговли по правилам эксплуатации.

Правила эксплуатации холодильного оборудования работниками торговли и общественного питания сводятся в основном к следующему:

каждая установка должна быть закреплена за определенным работником, который несет ответственность за ее сохранность и правильную эксплуатацию;

не разрешается загружать шкафы, прилавки, витрины продуктами в большем количестве, чем указано в паспорте на установку;

между продуктами следует оставлять пространство 5—10 см для свободного движения холодного воздуха;

теплые продукты перед загрузкой необходимо охладить до температуры окружающего воздуха;

при нарастании инея на испарителе до 5—6 мм нужно остановить компрессор, вынуть все продукты и открыть дверки шкафа для оттаивания «снеговой шубы», после оттаивания шкаф должен быть насухо протерт, запрещается удаление инея скребками, ножами и пр.;

нельзя хранить продукты на испарителях, хранить в оборудовании посторонние вещи, накрывать полки фанерой или бумагой, чтобы не нарушать нормальной циркуляции воздуха;

не реже одного раза в неделю наружную и внутреннюю поверхность шкафа следует промывать мыльной, а затем чистой теплой водой;

в случае нарушения требуемого температурного режима в шкафу, прилавке или витрине, при безостановочной работе компрессора, при остановке компрессора, когда нажатие на кнопку МП либо АП-50 не включает его, при стуках в машине, чрезмерном перегреве, появлении масляных пятен в соединениях, неплотном прилегании дверок шкафа и других замеченных неисправностях необходимо вызвать механика, обслуживающего установку;

категорически запрещается принудительно включать компрессор при неисправных приборах, устанавливать самодельные плавкие предохранители (жучки), допускать посторонних лиц к осмотру и ремонту оборудования, снимать ограждение с агрегата и крышки с электропусковых приборов.

§ 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТАНОВОК СРЕДНЕЙ И БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Эксплуатация аммиачных установок имеет ряд особенностей, обусловленных свойствами аммиака, его токсичностью, взрывоопасностью, плохим растворением масла.

Все работы, связанные со вскрытием системы (разборка отдельных узлов и соединений, выпуск масла, удаление воздуха, дозарядка аммиаком и пр.) производятся с обязательным применением промышленного противогаза от аммиака (марка К) и резиновых перчаток при включенной аварийной вентиляции.

В машинном отделении должна быть аптечка с перевязочными материалами и средствами против отравления аммиаком — лимонной кислотой, рвотным, 1%-ной уксусной кислотой. Для облегчения работы обслуживающего персонала вывешивают схемы всех трубопроводов с запорной арматурой, планы холодильника с размещением оборудования, инструкции по эксплуатации машин и аппаратов, основные правила техники безопасности и графики проведения профилактических осмотров, выпуска и добавления масла в систему и пр.

Кроме того, в машинном отделении должен быть инструмент, контрольно-измерительные приборы, запасные детали, некоторый запас эксплуатационных материалов (холодильный агент, масло, соли, прокладочный материал, ветошь и пр.).

Пуск и остановка холодильной машины. При первоначальном пуске или пуске после длительной остановки компрессоров мощность, потребляемая электродвигателем, значительно превышает номинальную, так как в отеплившейся установке очень высокое давление в испарительной системе. Поэтому при пуске необходимо обеспечить разгрузку компрессора. Для этого компрессор пускают сначала вхолостую (с закрытыми всасывающим и нагнетательными вентилями, предварительно соединив нагнетательную и всасывающую полость открытием перепускного вентиля байпаса). И только после того, как компрессор наберет номинальное число оборотов, увеличивают нагрузку, открыв нагнетательный вентиль, закрыв байпас и постепенно открывая всасывающий вентиль. У некоторых компрессоров вместо байпаса для разгрузки имеется устройство для отжима всасывающих клапанов и др.

Если в компрессоре нет устройства для облегчения пуска, то при ручном управлении его пускают с открытым нагнетательным и закрытым всасывающим вентилями.

Последовательность пуска машины зависит от типа компрессора, конструкции аппаратов и системы охлаждения и производится в соответствии с инструкцией.

Порядок пуска и остановки машин с аммиачными компрессорами типа АВ-100, АУ-200; АУУ-400 приведен ниже. Перед пуском проверяют по журналу причину последней остановки. Если она была вызвана неисправностями, то проверяют, устранены ли они. Следует вручную несколько раз провернуть маховик компрессора. Затем контролируют уровень масла в картере, открыты ли вентили на манометры, открывают все вентили на нагнетательном жидкостном и всасывающем трубопроводах. При этом всасывающий нагнетательный вентиль и байпас на компрессоре, а также регулирующий вентиль должны быть закрыты. Пускают воду на конденсатор и водяную рубашку компрессора. В рассольных установках с кожухотрубным испарителем включают насос.

При пуске открывают байпас и включают электродвигатель. Проверяют давление после масляного насоса. Оно должно быть на $(1—1{,}2)\cdot 10^5$ Па больше, чем давление в картере. Давление масла регулируется ручным перепускным вентилем. Если не удается создать требуемое давление, то останавливают компрессор, регулируют давление перепускным клапаном, находящимся в картере на нагнетательной линии масляного насоса или устраняют неисправности.

При нормальном давлении масла через 5—7 с после пуска открывают нагнетательный вентиль, быстро прикрывая затем байпас. Всасывающий вентиль открывают постепенно, не допуская появления влажного хода и стука в компрессоре. При этом наблюдают также, чтобы давление нагнетания и сила тока не превышали обычных для данной установки значений. При указанных отклонениях всасывающий вентиль закрывают и затем медленно снова его открывают.

После пуска компрессора открывают регулирующий вентиль и регулируют подачу жидкости в испаритель. Время пуска записывают в рабочий журнал и проверяют режим работы компрессора и всей установки. Температура нагнетания, перегрева на всасывании должна соответство-

вать оптимальному режиму. В компрессоре не должно быть стуков. Работу сальника считают нормальной, если утечка масла не более 1 капли за 3 мин. Не должно быть пропусков аммиака или фреона из нагнетательной полости во всасывающую через предохранительный клапан и байпасный вентиль (соединительные трубки при этом становятся горячими).

Останавливают машину в обратном порядке: закрывают регулирующий вентиль (снижая уровень в испарителе, что облегчает последующий пуск), закрывают всасывающий вентиль и, когда давление в картере снизится до 0 ат (по манометру), отключают электродвигатель. Быстро закрывают нагнетательный вентиль и закрывают подачу воды в рубашку компрессора. Если не работают и другие компрессоры, то прекращают подачу воды на конденсатор. Рассольный насос останавливают лишь через некоторое время, когда температура рассола приблизится к температуре в камерах. Время остановки записывают в журнал, а на вентилях компрессора вывешивают таблички: «вентиль закрыт».

Для пуска двухступенчатой машины сначала включают компрессор верхней ступени, и лишь когда давление в промежуточном сосуде снизится до нормального значения, включают компрессор нижней ступени и регулируют подачу жидкости в испаритель и промежуточный сосуд. Пуск каждого компрессора осуществляют так же, как описано выше. Машину останавливают в обратном порядке. Если остановку производят в холодное время года, то из охлаждающих рубашек компрессора, конденсатора и трубопроводов выпускают воду.

Пуск крупных фреоновых компрессоров несколько иной, чем аммиачных. Во время стоянки фреонового компрессора давление в картере растет, и количество фреона, растворенного в масле, увеличивается. При пуске с закрытым всасывающим вентилем давление в картере резко падает, пары фреона бурно выделяются из масла и вспенивают его. При этом происходит выброс масла из картера и срыв работы масляного насоса. Компрессор приходится останавливать.

Поэтому пуск фреоновых компрессоров после длительной остановки следует производить с открытыми нагнетательным, всасывающим вентилями, а также вентилем байпаса. Байпас обеспечивает здесь не только разгрузку во

время разгона, но и прогрев масла. Через 20—30 мин, когда масло нагреется, фреон из него выходит, так как растворимость его в масле с повышением температуры резко падает. Затем постепенно закрывают байпас, вводя компрессор в рабочий режим.

При автоматическом пуске крупных фреоновых компрессоров, чтобы не увеличивать продолжительность пуска, иногда применяют электрообогрев картера, который включается на период стоянки компрессора.

Пуск и обслуживание насосов. На крупных установках водяные центробежные насосы приходится иногда располагать выше уровня забираемой жидкости. Вода во всасывающей линии при стоянке насоса стремится слиться вниз (обратный клапан на всасывании часто не обеспечивает достаточную плотность), создавая перед насосом вакуум, а при неплотностях — воздушную пробку. При включении насос работает неудовлетворительно. Поэтому перед пуском в насос и всасывающий трубопровод заливают жидкость через пробку на корпусе. В крупные насосы воду подают из водопровода. Всасывающий трубопровод должен быть поднят в сторону насоса, чтобы при заливке не создавалась воздушная пробка. Иногда в верхней точке всасывающего трубопровода делают кран для выпуска воздуха.

В рассольных и аммиачных системах насосы располагают ниже места забора (под заливом), так что на всасывании создается подпор жидкости, обеспечивающий устойчивую работу, и залива жидкости перед пуском не требуется.

Для небольших насосов (мощностью 3—5 кВт) обычно используют электродвигатели с большим запасом мощности. Поэтому специальной разгрузки при пуске не требуется. Крупные центробежные насосы включают с разгрузкой. Для этого закрывают задвижку на нагнетательной стороне, включают двигатель, проверяют направление вращения и затем задвижку постепенно открывают. При закрытой задвижке мощность была минимальная. С увеличением производительности насоса потребляемая мощность растет.

Во время работы насоса следят, чтобы разность давлений по нагнетательному и всасывающему манометрам не была ниже требуемой для нормальной подачи. Стрелка амперметра не должна давать больших колебаний, которые

указывают на наличие воздуха в системе или механические неполадки.

Следят, чтобы не было утечек жидкости через сальник насоса, разъемные соединения и сальники запорной арматуры. Периодически (один раз в месяц) заменяют масло в подшипниках.

Проверка герметичности аммиачной системы. При эксплуатации аммиачных установок необходимо периодически проверять плотность системы. Для этого используют специальные индикаторы (см. гл. 3, § 4).

При утечке аммиака индикатор, предварительно смоченный водой, краснеет. После прекращения действия аммиака он снова принимает желтую окраску.

Неплотности в конденсаторе и испарителе приводят к проникновению аммиака в воду или в рассол. Поэтому не реже 1 раза в месяц воду и рассол проверяют на присутствие в них аммиака. Метод определения наличия аммиака в рассоле изложен в гл 2.

При устранении неплотностей подтягиванием гаек необходимо предварительно удалить аммиак из этого участка. Категорически запрещается сварка сосудов, в которых имеются следы аммиака или масла, так как может произойти взрыв.

Добавление аммиака в систему. Добавление аммиака из баллонов производят во время работы компрессора. Баллон взвешивают, записывают его массу и укладывают на наклонную подставку (вентилем вниз). Снимают колпак и осторожно отвертывают заглушку. Приоткрыв и быстро закрыв вентиль убеждаются в наличии аммиака в баллоне и в исправности вентиля. Баллон присоединяют к наполнительному вентилю резиновым шлангом, испытанным давлением $20 \cdot 10^5$ Па, или стальной трубкой.

Запорный вентиль на выходе из ресивера закрывают, а регулирующий вентиль оставляют открытым. При открытии зарядного вентиля и вентиля на баллоне аммиак через регулирующий вентиль поступает в испаритель и отсасывается компрессором. При полном опорожнении баллона нижняя его часть (около вентиля) покрывается инеем. Для отсоединения баллона закрывают вентиль на баллоне и зарядный вентиль. Ставят на место заглушку и колпак и взвешивают баллон, записывая массу тары и количество заряженного аммиака.

На крупных холодильниках иногда систему заряжают

аммиаком прямо из железнодорожных цистерн согласно инструкции, имеющейся в правилах техники безопасности.

При заполнении системы аммиаком необходимо иметь противогаз и резиновые перчатки, запрещается подогревать баллоны, нельзя ремонтировать неисправные баллоны с аммиаком с надписью «Полный». Такой баллон возвращают на завод.

Добавление и выпуск масла из системы. Для смазки аммиачных компрессоров применяют масла марок ХА и «Веретенное-АУ», с низкой температурой замерзания (—40÷—45° С) и высокой температурой вспышки (160—165° С), с кинематической вязкостью при 50° С порядка 10—14 сСт.

Для высокооборотных современных компрессоров следует применять масла повышенной вязкости: Х-23 и Х-30 с вязкостью 23 и 29 сСт, так как при большом нагреве, характерном для высокооборотных машин, вязкость масел резко снижается.

Для установок с температурой кипения ниже —40° С применяют масло метилсиликон (ДС-200) с температурой застывания —57° С и температурой вспышки 271° С.

Скорость снижения уровня масла в картере зависит от количества масла, угоняемого компрессором в нагнетательный трубопровод. В установках с автоматическим возвратом масла из маслоотделителя в картер скорость снижения уровня уменьшается в 3—4 раза.

Масло добавляют во время работы компрессора, для чего к наполнительному вентилю присоединяют шланг, второй конец которого опускают в ведро с маслом, имеющее решетку на дне. Прекращают подачу агента в испаритель, прикрывают всасывающий вентиль, чтобы создать в картере вакуум, и, открывая масляный вентиль, заполняют картер маслом до верхней отметки на стекле. Затем закрывают подачу масла, открывают всасывающий вентиль и возобновляют питание испарителя. На крупных холодильниках применяют схему централизованного заполнения маслом с помощью шестеренного насоса.

Масло, выбрасываемое компрессором в систему, попадает в маслоотделитель, где в зависимости от конструкции маслоотделителя, продолжительности его работы и режима установки отделяется от 40 до 95% циркулирующего масла. Остальная часть попадает в конденсатор, а затем в испаритель. Пленка масла значительно ухудшает теплопере-

дачу в аппаратах, что приводит к снижению холодопроизводительности машины. Поэтому 2—3 раза в месяц необходимо выпускать масло из конденсатора, ресивера и испарителя. Полностью эти аппараты очищают от масла продувкой сжатым воздухом при разборке этих аппаратов во время ремонта.

Масло из системы выпускают под давлением всасывания. Для этого масло из маслоотделителя и конденсатора сначала перепускают в маслосборник, отсасывают из него пары аммиака и только затем выпускают его в ведро с водой, в которой растворяются оставшиеся пары аммиака. Из испарителя масло выпускают лишь после его отепления. Для этого испаритель просто отключают на время или подают в него горячие пары аммиака с нагнетательной стороны компрессора.

При выпуске масла пользуются противогазом, резиновыми перчатками, при этом должна работать вытяжная вентиляция. На крупных холодильниках отработанное масло регенерируют и при заливке смешивают со свежим.

Удаление воздуха из системы. Во время эксплуатации в систему иногда попадает воздух: при вскрытии отдельных узлов, при работе на вакуум (для аммиака при t_0 ниже —34,4° С) через неплотности в системе. Воздух скапливается в конденсаторе и ресивере, так как жидкий холодильный агент в ресивере образует гидравлический затвор и не пропускает воздух в испаритель. Давление в конденсаторе (равное сумме давлений аммиака, соответствующее температуре конденсации и воздуха) растет, что снижает производительность компрессора, увеличивает потребляемую мощность и создает опасные условия для работы. Поэтому следует по возможности не допускать воздух в систему, а при появлении его — своевременно удалять.

На установках, не имеющих воздухоотделителей, воздух выпускают при стоянке компрессора. На конденсатор подают охлаждающую воду и через шланг, присоединенный к верхней точке конденсатора, выпускают воздух в сосуд с водой. Когда из воды начнут выходить мелкие пузыри и будет слышно потрескивание, что указывает на растворение в воде аммиака (вода быстро нагревается), выпуск воздуха прекращают. Этот способ выпуска воздуха связан со значительными потерями холодильного агента. Поэтому на более крупных установках применяют воздухоотделители, в которых смесь воздуха с парами аммиака

охлаждается за счет кипения жидкого аммиака под давлением всасывания. Аммиак при охлаждении конденсируется и перепускается в ресивер, а в оставшейся паровоздушной смеси содержится уже очень небольшой процент аммиака.

В машинах с воздухоотделителями воздух удаляют во время работы компрессора. Поэтому место забора воздуха должно находиться вдали от входа аммиака в конденсатор. При наличии ресивера воздух удаляют из ресивера.

В широко применяемых автоматических воздухоотделителях периодического действия (например, типа АВ-2) по мере накопления воздуха давление растет и подается команда на открытие соленоидного вентиля на линии выпуска воздуха. Когда часть воздуха выпущена, давление падает, соленоидный вентиль закрывается, и выпуск воздуха прекращается. Подача жидкого агента в охлаждающий змеевик регулируется при помощи терморегулирующего вентиля по перегреву пара на выходе.

Обслуживание рассольной системы. Особенности обслуживания рассольной системы можно рассмотреть на примере закрытой схемы (рис. 131). Равномерное распределение рассола по этажам достигается здесь вследствие того, что отепленный в батареях рассол сначала поднимается и лишь затем идет к насосу. В результате этого суммарное сопротивление напорного и обратного трубопроводов одинаково для всех этажей.

Равномерное распределение рассола по батареям, обеспечивающее при ручном регулировании требуемые температуры в камерах данного этажа, регулируют прикрытием задвижек на нагнетательном коллекторе. Однако в большинстве случаев эти схемы автоматизируют: в каждой камере имеется реле температур, которое при достижении требуемой температуры отключает соленоидный вентиль на линии подачи рассола в эту камеру. При обслуживании необходимо лишь периодически (один раз в месяц) проверять соленоидный вентиль и очищать установленный перед ним фильтр.

Заполнение системы контролируют по уровню рассола в расширительном баке, добавляя при необходимости рассол в систему с помощью служебного насоса

Снеговую «шубу» удаляют периодически теплым рассолом. Перед оттаиванием рассол из теплого бака служебным насосом прогоняют через бойлер и снова сливают в

бак. Когда температура рассола достигает 40—50° С, батареи отключают от холодных магистралей, сливают из них холодный рассол во второй бак и служебным насосом

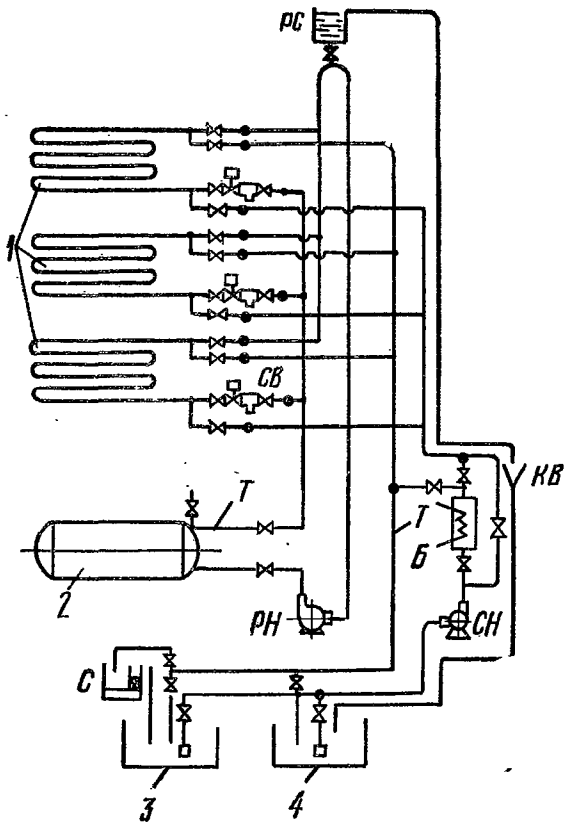


Рис. 131. Схема трехтрубной рассольной системы закрытого типа:

1 — батареи; *2* — испаритель; *3* — бак теплого рассола; *4* — бак холодного рассола; *СВ* — соленоидный вентиль; *РС* — расширительный сосуд; *КВ* — контрольная воронка; *Б* — бойлер; *Т* — термометр; *РН* и *СН* — рабочий и служебный насосы; *С* — солеконцентратор.

подают в них теплый рассол. После удаления снеговой «шубы» теплый рассол из батарей сливают в первый бак и подают в них слитый ранее холодный рассол.

Коррозия —основной бич рассольных систем. Если

не принимать специальных мер, то уже через 5—10 лет из-за коррозии приходится заменять испаритель и рассольные батареи. Одной из основных причин, значительно влияющих на увеличение коррозии, является наличие кислой среды в рассолах. Для увеличения щелочности рассола в него добавляют гашеную известь $Ca(OH)_2$ или каустическую соду NaOH, чтобы концентрация водородных ионов pH была 9,5—10.

Для определения pH существуют различные методы. Наиболее простой основан на сравнении цвета пробы рассола, в который добавлен индикатор, с окраской эталона pH.

Наряду с этим для уменьшения коррозии в рассол добавляют специальные вещества (пассиваторы), снижающие скорость коррозии, — хромат натрия Na_2CrO_4, бихромат натрия $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ и фосфат натрия $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$. На 1 м³ нейтрального рассола (pH 7) хлористого кальция добавляют 1,6 кг бихромата и 0,43 кг едкого натрия; на 1 м³ хлористого натрия — 3,2 кг бихромата и 0,86 кг едкого натра. Раз в год добавляют половину от первоначально введенных количеств бихромата и щелочи. А в рассол хлористого натрия еще раз в месяц добавляют 1,6 кг фосфата натрия. Указанные меры примерно в два раза увеличивают срок службы рассольной системы.

Проверка контрольных приборов и защиты. Не реже одного раза в год манометры и мановакуумметры проверяют и пломбируют местные органы Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР. Кроме того, два раза в год механик должен проверять все манометры по контрольному. Манометр заменяют, если у него разбито стекло или если при отключении стрелки не возвращается в нулевое положение (допустимое отклонение — не более половины цены деления).

Пружинные предохранительные клапаны должны быть испытаны установленным для них давлением и запломбированы. На каждый предохранительный клапан нужно иметь по одной запасной пружине. Проверяют их не реже одного раза в год. После испытания механик холодильной установки составляет соответствующий акт.

На нерабочей части ломающейся пластины должно стоять клеймо завода-изготовителя с указанием разности давлений, при которой она ломается. Применение самодельных пластинок, а также установка двух или более пласти-

нок воспрещается. На каждый компрессор необходимо иметь не менее шести запасных пластинок.

Для надежной работы приборов защиты необходима их периодическая проверка. Реле и регуляторы уровня следует проверять каждые 10 дней. Реле давления, температуры, контроля смазки, потока воды — один раз в месяц. Соленоидные вентили, обратные клапаны, термометры сопротивления (от логометра или машины АМУР) — один раз в квартал.

Для проверки приборов защиты (рис. 132) искусственно 2—3 раза создают опасный режим, и прибор должен четко срабатывать.

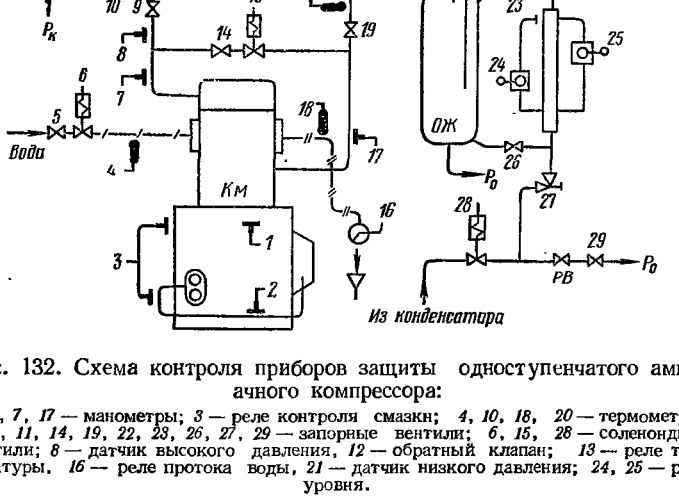


Рис. 132. Схема контроля приборов защиты одноступенчатого аммиачного компрессора:

1, 2, 7, 17 — манометры; *3* — реле контроля смазки; *4, 10, 18, 20* — термометры; *5, 9, 11, 14, 19, 22, 23, 26, 27, 29* — запорные вентили; *6, 15, 28* — соленоидные вентили; *8* — датчик высокого давления, *12* — обратный клапан; *13* — реле температуры. *16* — реле протока воды, *21* — датчик низкого давления; *24, 25* — реле уровня.

Для проверки реле давления *21* прикрывают вентиль *22* на всасывающем коллекторе. Реле давления (РД-4А-01) должно остановить компрессор, когда давление на $0{,}5 \cdot 10^5$ Па ниже рабочего p_0. Для проверки датчика верхнего давления *8* (от этого же реле давления) закрывают подачу воды на конденсатор, давление нагнетания растет и при $13—14 \cdot 10^5$ Па (по манометру *7*) реле давления должно сработать.

Реле температуры *13* (ТР-2А-06ТМ), которое должно отключать компрессор при температуре нагнетания 120—125° С, проверяют постепенным открытием вентиля *14* (на линии байпаса). Соленоидный вентиль *15* при этом принудительно открывают.

Реле контроля смазки *3* (РКС-1А-01) проверяют открытием байпасирующего вентиля масляного насоса. Когда разность между давлением нагнетания насоса и в картере станет менее $0{,}8 \cdot 10^5$ Па, реле контроля смазки должно сработать. Разность давлений контролируют манометрами *1* и *2*.

Для проверки реле протока воды *16* достаточно закрыть вентиль *5*. Реле уровня *24* и *25*, установленные для защиты компрессора от влажного хода, проверяют наполнением колонки жидким аммиаком через вентиль *27*, предварительно закрыв вентили *26* и *29*. При повышении уровня реле должны поочередно сработать.

Правильная эксплуатация установок позволяет значительно увеличить межремонтный период и уменьшить число аварийных отказов во время работы.

Глава 11

РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

В процессе эксплуатации машины, аппараты, трубопроводы, приборы автоматики и другие части холодильных установок изнашиваются под действием сил трения, коррозии, тепла. Износ сопровождается изменением первоначальных форм, размеров и снижением прочности деталей. Если эти изменения превышают установленные допуски, то изношенная деталь требует замены или ремонта.

В эксплуатации различают нормальный и аварийный износ. Нормальный износ происходит, если в процессе работы машин не допускаются никакие отклонения от правил эксплуатации и если своевременно заменяются или ремонтируются изношенные детали. Когда эти условия не выполняются, износ из нормального переходит в аварийный.

Аварийный износ возникает в процессе работы компрессора с повышенным или пониженным перегревом, с перекосом поршня или шатуна, с увеличенными или уменьшенными зазорами в сопрягаемых деталях, с недостаточной смаз-

кой, с нарушенной окраской, в процессе работы конденсатора водяного охлаждения с отложением водяного камня в трубках и пр. Аварийный износ происходит во много раз быстрее нормального и приводит к преждевременному выходу из строя деталей, узлов и аппаратов холодильных установок.

Необходимо своевременно выявлять начало аварийного износа, а его характер фиксировать в дефектном акте. Для этого выполняются следующие мероприятия.

подсчет часов работы деталей по суточному журналу и сравнение фактически отработанного времени с нормативным. Нормативный срок работы для каждой детали определяется заводом-изготовителем или предприятием, эксплуатирующим холодильную установку. В зависимости от этого срока детали делятся на быстро изнашивающиеся (поршневые кольца, пластины клапанов, прокладки), детали со средним сроком службы (поршневые пальцы втулки, гильзы цилиндров, подшипники) и детали с длительным сроком службы (блоки цилиндров, картеры, кожухи конденсаторов и пр.);

наружный осмотр с целью проверки состояния креплений, поверхностей, обнаружения утечек холодильного агента через неплотности;

проверка на ощупь с целью определения повышенной температуры трущихся деталей;

проверка на слух для улавливания посторонних шумов и звуков в работающих механизмах;

измерение с помощью приборов и инструментов температурных перепадов, производительности компрессоров, зазоров между деталями и т. д.

§ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Чтобы устранить в машинах и аппаратах последствия происшедшего износа деталей и предотвратить аварийный износ, производят ремонт. Он делится на три основные категории — малый (текущий), средний и капитальный.

Малый ремонт заключается в замене или восстановлении быстроизнашивающихся деталей: замена поршневых колец, пластин, клапанов компрессора, перетяжка шатунных подшипников и смена масла, очистка от водяного кам-

ня трубок конденсаторов, промывка рассольной системы и т. д.

Средний ремонт включает в себя замену или восстановление всех быстроизнашивающих деталей и тех деталей со средним сроком службы, которые не в состоянии обеспечить нормальной работы до следующего среднего или капитального ремонта. При среднем ремонте компрессора выполняются все работы малого ремонта, а также шлифовка шеек коленчатого вала, замена или перезаливка подшипников, замена поршневых пальцев и втулок, деталей маслонасоса, клапанных досок и пр. При среднем ремонте конденсатора, кроме работ текущего ремонта, допускается замена одной или нескольких трубок, ремонтируется арматура, испытываются сосуды давлением. При среднем ремонте трубопроводов заменяют отдельные наиболее изношенные их участки, окрашивают их.

Капитальный ремонт включает в себя все работы, выполняемые при среднем ремонте, а также замену тех деталей с длительным сроком службы, которые не способны обеспечить нормальной работы до следующего капитального ремонта. При капитальном ремонте компрессора заменяют или шлифуют блок цилиндров, заменяют поршни, восстанавливают шейки коленчатого вала или заменяют его, обкатывают и испытывают согласно технологии завода-изготовителя. При капитальном ремонте конденсатора полностью или частично заменяют трубки, сменяют патрубки, штуцера, арматуру, производят гидравлическое и воздушное испытание.

В зависимости от сложности и стоимости того или иного аппарата, прибора или механизма холодильной установки, а также в зависимости от трудоемкости их ремонта, планируется частота и характер предстоящих ремонтов на весь ремонтный цикл и составляется график ремонтов.

Ремонтным циклом называется время работы машины от начала ее эксплуатации до сдачи в капитальный ремонт, или период между двумя капитальными ремонтами.

График ремонта аммиачного компрессора показан на рис. 133. Такие графики составляются также для всех аппаратов, приборов и механизмов холодильных установок.

Ремонты, выполняемые по заранее составленному графику называются планово-предупредительными (ППР). Системой ППР, кроме ремонтов, предусматривается органи-

зация по графику межремонтного технического обслуживания.

Малые автоматические холодильные установки эксплуатируются с переменной нагрузкой в зависимости от сезона и количества загружаемых в холодильную емкость продуктов. Продолжительность работы и стоянки таких установок не учитываются, и поэтому сроки ремонтов по графику ППР должны уточняться в соответствии с фактическим состоянием компрессора и аппаратов. Если в результате правильной эксплуатации или недостаточного

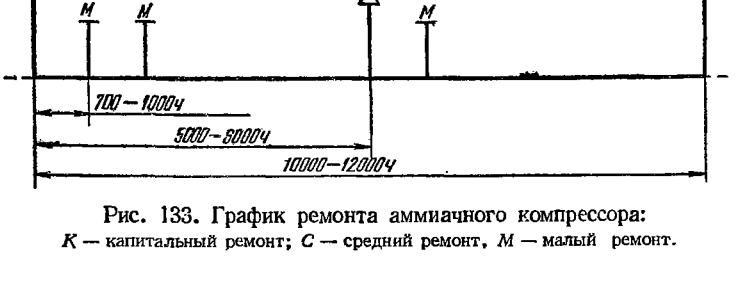


Рис. 133. График ремонта аммиачного компрессора:
К — капитальный ремонт; *С* — средний ремонт, *М* — малый ремонт.

количества часов работы узлы и детали в ремонте не нуждаются, то составляют акт и срок очередного ремонта переносят.

Для обеспечения безостановочной работы холодильного оборудования во время ремонта на больших и средних холодильных установках предусматривается взаимозаменяемость компрессоров, конденсаторов, насосов, испарителей, а для малых — обменный фонд. Обменный фонд находится на предприятии, производящем централизованный ремонт малых холодильных установок.

Текущий ремонт холодильного оборудования производят на месте, без демонтажа с места установки. В большинстве случаев эти работы выполняются персоналом, производящим техническое наблюдение и обслуживание: машинистами, механиками, слесарями — ремонтниками средней квалификации. Качество текущего ремонта выборочно контролируют технические работники и персонал ОТК. Документом, подтверждающим выполнение текущего ремонта, является акт или наряд, подписанный лицом,

производящим ремонт, и лицом, ответственным за дальнейшую эксплуатацию оборудования. Отметка о характере выполненного текущего ремонта и о межремонтном техническом обслуживании делается в журнале работы холодильной установки.

Средний и капитальный ремонты холодильного оборудования, как правило, производят специализированные организации. Все оборудование массой ниже 300—500 кг доставляют в специально оборудованные цехи или мастерские, где ремонт производится по разработанной технологии под руководством ИТР и контролем ОТК. Отклонение от технологии ремонта допускается только с ведома органа, утвердившего технологию.

Ремонт завершается рабочим испытанием и оформляется актом, подписанным представителем ОТК. На отремонтированное оборудование устанавливают гарантийный срок, в течение которого дефекты ремонта, появление которых не связано с нарушением правил эксплуатации, ремонтная организация устраняет бесплатно и в установленный срок.

Ремонт холодильного оборудования ведется индивидуальным или поточно-узловым методом. При индивидуальном методе ремонта слесарь-ремонтник высокой квалификации выполняет все ремонтные операции. При поточно-узловом методе каждый слесарь выполняет одну или несколько ремонтных операций.

Средняя квалификация слесарей при поточно-узловом ремонте ниже, чем при индивидуальном, а производительность труда выше. Однако организация ремонта поточным методом возможна только при поступлении в ремонт больших партий однотипного оборудования. Поэтому в последнее время ремонт централизуется, а ремонтные предприятия специализируются по типам ремонтируемого оборудования.

§ 2. ТРЕБОВАНИЯ К ДЕТАЛЯМ, ПРИМЕНЯЕМЫМ ПРИ РЕМОНТЕ, И ДЕФЕКТАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ

Детали, применяемые при ремонте, должны соответствовать ГОСТам, техническим условиям, нормалям и чертежам по размерам, форме, качеству материала, поверхностной твердости и чистоте обработки. Заключение о возможности использования деталей при ремонте дает ОТК

или другой ответственный представитель предприятия, производящего ремонт.

При ремонте используются как новые, так и бывшие в работе детали. Бывшие в работе детали используют без реставрации или после реставрации. Поэтому все детали холодильных установок, подвергающихся ремонту, дефектуют с целью определения возможности их дальнейшего использования.

Если деталь соответствует требованиям технологии ремонта по форме, размерам, качеству материала, чистоте и твердости поверхности, то ее отбирают для установки во время ремонта. Если деталь вышла по одному или нескольким показателям из установленных допусков, но может быть восстановлена или переведена в другой ремонтный размер, то ее направляют на реставрацию. Детали, восстановление которых невозможно или экономически нецелесообразно, бракуются.

Результаты дефектации отражаются в дефектно-выбраковочном акте.

При текущем ремонте, когда механизм детали полностью не разбирают, дефектацию некоторых узлов производят по величине зазоров между сопрягающимися деталями (поршнем и цилиндром, пальцем и втулкой, валом и подшипником и пр.). Если выявится что зазор между деталями увеличился не более чем в 2 раза по сравнению с установленным на чертежах, то ремонт данной пары деталей можно отложить до следующего по графику срока.

§ 3. РЕМОНТ МАЛЫХ ФРЕОНОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Холодильные установки демонтируют полностью или частично и отправляют в ремонт в следующих случаях.

При наличии неплотностей в агрегате или испарителе, которые могут быть устранены только пайкой или сваркой.

При снижении холодопроизводительности компрессора на 20% от номинальной и более, если притирка и замена клапанов не дает нужного эффекта.

При обнаружении стуков в компрессоре, не обусловленных внешними источниками посторонних звуков: задеванием крыльчатки вентилятора о

диффузор, шумом в подшипниках электродвигателей, ударом маховика о вал при недостаточно затянутой гайке.

При перегреве трущихся частей компрессора, который определяется на ощупь. Искажение в результате проверки может внести неправильный режим работы установки. Поэтому во время проверки режим должен быть строго отрегулирован. Повышение температуры в какой-либо части компрессора, за исключением головки и верхней части цилиндров, на 30—35° С выше температуры окружающего воздуха свидетельствует о ненормальных условиях работы близлежащего узла трения (подшипников, сальника, колец, пальца). В этом случае компрессор должен быть отправлен в ремонт. Повышенный нагрев цилиндров может явиться также результатом неплотности клапанов. Такую неисправность проверяют и устраняют на месте, исключение составляют герметичные компрессоры, в которых доступ к клапанам связан со вскрытием кожуха.

При часто повторяющихся мелких дефектах. Частые поломки клапанов, пружин и лопасти, течь сальников могут быть признаком более серьезных неполадок. Например, клапан выходит из строя из-за большого уноса масла через зазоры между цилиндром и поршневыми кольцами, сальник — из-за задиров или погнутости шейки коленчатого вала и т. д. Поэтому при наличии часто повторяющихся мелких дефектов, особенно, если агрегат длительное время работает без ремонта, компрессор или агрегат необходимо направить в ремонт.

При шуме в подшипниках электродвигателя, если шум не исчезает после замены смазки, требуется отправка двигателя в ремонт.

Основанием для отправки в ремонт компрессора или других частей холодильной установки является также их аварийное состояние, например сгорание изоляции обмоток статора электродвигателя, заклинивание шатунно-поршневой группы, разрыв и повреждение трубок конденсатора или испарителя и пр.

Документом, на основании которого оборудование отправляется в ремонт, служит дефектный акт, составленный слесарем-ремонтником, производящим техническое обслуживание, и подписанный лицом инженерно-технического персонала, отвечающим за эксплуатацию оборудования.

В дефектный акт, кроме основных дефектов, должны вноситься дефекты, которые явились непосредственной при-

чиной отправки оборудования в ремонт, а также все другие дефекты, обнаруженные в процессе эксплуатации данной установки. В дефектном акте указывается марка машины, ее номер, год выпуска заводом и дата выполнения последнего ремонта.

Порядок демонтажа агрегата и отдельных его узлов

В зависимости от обнаруженных дефектов холодильную машину отправляют на ремонт полностью или отдельными узлами. Во всех случаях должны быть выполнены следующие требования.

Отправленный в ремонт агрегат, электродвигатель или испаритель должен быть соответственно заменен оборудованием обменного фонда. Оставшийся фреон должен быть сконденсирован в ресивере с таким расчетом, чтобы во всех частях установки оставалось небольшое избыточное давление $(0{,}2—0{,}3 \text{ ат}) \cdot 10^5$ Па.

Для того чтобы в испарителе и трубках, если они не направляются в ремонт, осталось небольшое избыточное давление, необходимо прекратить отсасывать фреон из испарителя при давлении $0{,}1 \cdot 10^5$Па. После этого перекрывают всасывающий и жидкостной вентили агрегата, отсоединяют всасывающий и жидкостной трубопроводы и быстро ставят на них заглушки. Выделившийся из масла фреон создает необходимое избыточное давление внутри испарителя.

Чтобы предотвратить возможность попадания в систему влаги из окружающей среды, на местах соединений должны быть установлены заглушки. Оборудование должно отправляться в ремонт в специальной таре, обеспечивающей полную сохранность его в пути. Концы электропроводки следует изолировать, а магнитный пускатель — обесточить. Вместе с оборудованием отправляют дефектный акт.

Оснащение цеха по ремонту малых фреоновых установок

Средний и капитальный ремонт малых фреоновых машин производят в специально оборудованных цехах или мастерских.

Технологическая последовательность ремонтных операций и необходимое для этих целей оборудование приведены в табл. 48.

Таблица 48

Ремонтные операции	Необходимое оборудование и оснастка
Приемка и ремонт. Проверка комплектности, ознакомление с дефектным актом	Кран-укосина. кран-балка или тельфер
Обдувка сжатым воздухом для очистки от грязи и пыли	Обдувочная камера, станция сжатого воздуха
Разрядка агрегата от фреона и масла	Установка для разрядки
Разборка машины на узлы: компрессор, конденсатор, ресивер, теплообменник, фильтр, осушитель, испаритель, терморегулирующий вентиль	Верстаки и столы с набором инструментов
Мойка в горячем растворе кальцинированной соды	Моечная машина
Разборка открытого компрессора	Верстаки и столы с набором инструментов
Промывка деталей открытого компрессора	Моечная машина
Дефектация открытого компрессора	Стол с набором инструментов
Ремонт блока цилиндров открытого компрессора	Расточный и хонинговальный станки
Ремонт клапанной доски открытого компрессора	Плоскошлифовальный и притирочный станки
Ремонт вала открытого компрессора	Круглошлифовальный и токарно-винторезный станки
Ремонт шатунов открытого компрессора	Электропечь, токарно-винторезный станок
Ремонт сальника вала открытого компрессора	Плоскошлифовальный и притирочный станки
Промывка узлов открытого компрессора	Ванночки с бензином
Сборка открытого компрессора	Стол с набором инструментов
Обкатка открытого компрессора	Стенд первой обкатки
Разборка, промывка и проверка приработки узлов открытого компрессора	Ванночки с бензином, стол с набором инструментов
Сборка, обкатка под давлением. Проверка плотности клапанов и производительности открытого компрессора	Стенд второй обкатки
Разрезка герметичного компрессора	Токарно-винторезный станок с высотой центров 300 м или специальный станок
Ремонт и проверка производительности герметичного компрессора	Верстак, стенд испытания производительности

Продолжение

Ремонтные операции	Необходимое оборудование и оснастка
Обезжиривание герметичного компрессора	Ванна с трихлорэтиленом или бензином
Запрессовка статора, пайка контактов, сборка герметичного компрессора	Верстак, стол пайки, гидропресс
Проверка диэлектрической прочности герметичного компрессора	Высоковольтная установка
Сварка кожуха герметичного компрессора	Сварочный полуавтомат или трансформатор
Испытание прочности и герметичности кожуха герметичного компрессора	Броневанна, сухой воздух, кран-балка или тельфер
Определение мест неплотностей сосудов и аппаратов парами фреона	Ванна с подогревом
Пайка или сварка	Ацетиленовый генератор
Продувка внутренних полостей сосудов и аппаратов	Сжатый воздух
Удаление водяного камня с трубок конденсаторов	Установка очистки ингибированной соляной кислотой
Сушка сосудов и аппаратов	Сушильная камера
Регенерация силикагеля и цеолита	Электропечь
Ремонт приборов автоматики	Стол пайки, стенд для зарядки и проверки приборов
Сборка агрегата	Поворотный сборочный стол
Проверка герметичности парами фреона	Ванна с подогревом, кран-балка или тельфер
Зарядка агрегатов фреоном, герметичных агрегатов — фреоном и маслом	Стенд для зарядки фреоном и маслом
Обкатка агрегатов, очистка и осушка	Обкаточный стенд
Проверка герметичности	Ванна с подогревом, кран-балка
Покраска	Покрасочная камера, сжатый воздух
Взвешивание агрегата и сдача на склад	Весы, тележки, стеллажи

Кроме этого оборудования, ремонтное предприятие должно быть оснащено универсально-фрезерным, поперечно-строгальным, вертикально-сверлильным станками,

электропечью для термообработки деталей, тележками и подъемно-транспортными приспособлениями, набором универсального и специального инструмента и оснастки.

Ремонт открытых компрессоров

Самой сложной для ремонта частью холодильной установки является компрессор. В малых холодильных установках применяются открытые и герметичные компрессоры, ремонт которых значительно различается.

Для компрессоров малых холодильных машин различие между средним и капитальным ремонтами незначительно, разница в стоимости ремонтов небольшая. Поэтому ремонт в условиях мастерских производится по типу капитального или усложненного среднего ремонта, т. е. путем замены или восстановления большинства изношенных деталей.

Ремонт сопрягаемых деталей компрессора производится, либо методом индивидуальной подгонки, либо по методу ремонтных размеров. Оба метода предусматривают, что наиболее сложную и дорогую деталь данного узла обрабатывают с целью устранения дефектов. Другие детали узла заменяют новыми или восстанавливают по новым размерам основной детали. Например, изношенные шейки коленчатого вала восстанавливают шлифовкой, а по новому диаметру отверстия шеек подгоняют коренные и шатунные подшипники.

При методе индивидуальной подгонки новые размеры основной детали отличаются от первоначальных на минимальную величину, чтобы в дальнейшем была возможность ее многократного ремонта. Этот метод применяют при единичном ремонте, или ремонте малых партий однотипных компрессоров

Если ремонтируют большие партии однотипных компрессоров, то метод индивидуальной подгонки не позволяет наладить массовое восстановление и реставрацию деталей, поэтому в таких случаях применяют метод ремонтных размеров. По этому методу основную деталь восстанавливают в заранее определенных размерах, называемых ремонтными и по этим размерам подбирают остальные детали узла, производство или восстановление которых налаживается массовым способом.

Ремонт поршневых компрессоров

Компрессор поступает в ремонт в разобранном виде после промывки в моечной машине горячим раствором кальцинированной соды или моющим средством, предусмотренным технологией ремонта. В моечной машине автоматически поддерживается заданная температура моющего раствора, продолжительность мойки и последующего ополаскивания деталей горячей проточной водой. Промытые де-

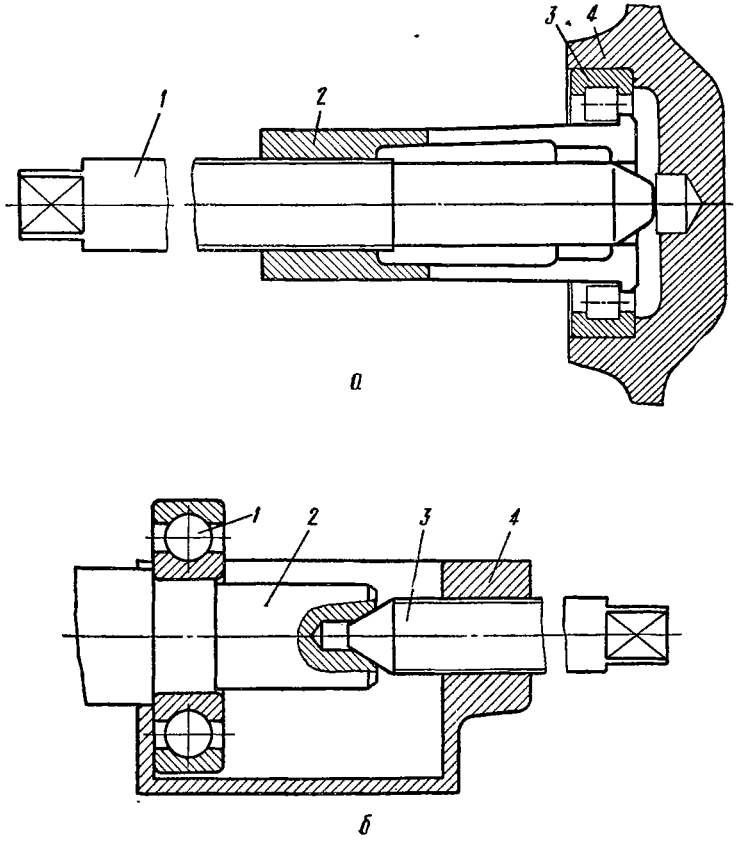


Рис. 134. Винтовой съемник:

а — для выпрессовки подшипника компрессора ФВ-6: *1* — винт, *2* — цанговая втулка, *3* — подшипник, *4* — картер компрессора; *б* — для снятия подшипника с вала: *1* — подшипник; *2* — вал; *3* — винт съемника; *4* — захват съемника.

тали сушатся за счет аккумулированного в них во время мойки тепла.

Компрессор разбирают в установленном технологией ремонта порядке на верстаках в специальном приспособлении, позволяющем поворачивать компрессор в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Рабочее место слесаря, занятого разборкой, оборудуется гайковертками, подъемниками, необходимым количеством съемников и приспособлений.

На рис. 134, *а* показан винтовой съемник для выпрессовки подшипника из картера компрессора ФВ-6. Цанговая втулка с бортиком пропускается в отверстие подшипника, при вращении конус винта раздает полости цанговой втулки, и ее бортик захватывает внутреннюю обойму подшипника. При дальнейшем вращении конус винта упирается в тело картера и происходит выпрессовка подшипника. Подобные съемники применяются и для разборки других деталей (рис. 134, *б*).

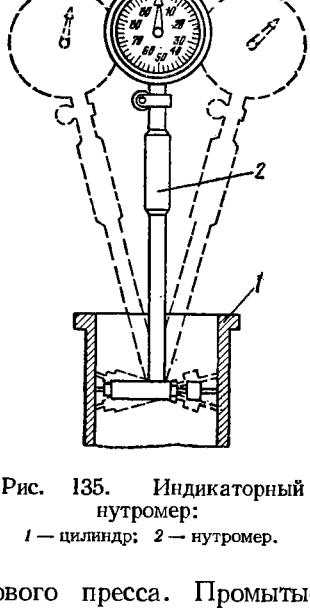


Рис. 135. Индикаторный нутромер:
1 — цилиндр; *2* — нутромер.

Значительно ускоряет и облегчает разборку применение гидравлического или винтового пресса. Промытые детали поступают на стол дефектовщика и затем в ремонт.

Ремонт цилиндров. Основными дефектами цилиндров являются износ зеркала в виде конусной и овальной выработки его средней части, задиров и рисок, износ резьбы под шпильки головки блока, трещины и раковины, риски и забоины на торцевых поверхностях.

Овальность и конусность цилиндра измеряются индикатором-нутромером (рис. 135) в месте расположения верхнего поршневого кольца в момент его нахождения в верхней мертвой точке, в средней и нижней части. В каждом месте замеряют два размера: в плоскости качания шатуна и в плоскости оси коленчатого вала.

Овальность определяется как максимальная разность диаметров на одном месте замера, конусность — как максимальная разность диаметров в одной плоскости. Если овальность и конусность цилиндров ниже допустимой технологией (не более 0,1 мм на 50 мм размера диаметра) и на зеркале имеются незначительные риски и задиры, то зачищают зеркало острым шабером или абразивным камнем с последующим подбором поршня и поршневых колец ремонтного размера.

Зазор между поршнем и цилиндром проверяют щупом, он должен быть равным 0,001 диаметра цилиндра с отклонением +0,01 мм. Если овальность и конусность цилиндра выше допустимой или на зеркале имеются риски и задиры глубиной или шириной более 0,5 мм, то его растачивают и шлифуют до следующего ремонтного размера с постановкой поршней и колец этого же ремонтного размера.

Обычно для диаметров цилиндров устанавливается два ремонтных размера, каждый из которых на 1 мм больше предыдущего. Если в результате расточки диаметр цилиндров выйдет из последнего ремонтного размера, а также при сквозных трещинах и раковинах блок цилиндров выбраковывается.

Цилиндры растачиваются на токарном или расточном станке.

Шлифовка зеркала цилиндров до 9—10 класса чистоты выполняется методом хонингования на хонинговальном или сверлильном станке абразивными брусками, установленными в хонинговальной головке, которой сообщается два движения — вращательное и возвратно-поступательное. Для равномерной обработки зеркала бруски должны выходить из цилиндра в каждую сторону на 15—20 мм. На хонингование в зависимости от чистоты предыдущей обработки оставляют припуск 0,01—0,05 мм.

Риски и забоины блока цилиндров на торцевых поверхностях устраняют шлифовкой и притиркой. Максимальный зазор между поверхностью торца блока и лекальной линейкой должен быть 0,02 мм.

Резьбовые отверстия в блоке, на которых имеется срыв ниток, рассверливают и в них нарезают резьбу ближайшего размера. По этой резьбе изготавливают новые шпильки.

Ремонт картера. В картере и его крышках изнашиваются места запрессовки подшипников, в основном подшипников качения. Если размер отверстия под запрессовку

подшипника выходит из установленного технологией ремонта допуска, что определяется при дефектации непроходной пробкой или видимой на глаз выработкой, картер или крышка картера бракуется или растачивается под запрессовку переходной стальной втулки.

После расточки картера на специальном приспособлении проверяют индикатором соосность расточенного отверстия с отверстием передней крышки. Несоосность не должна превышать 0,02 мм.

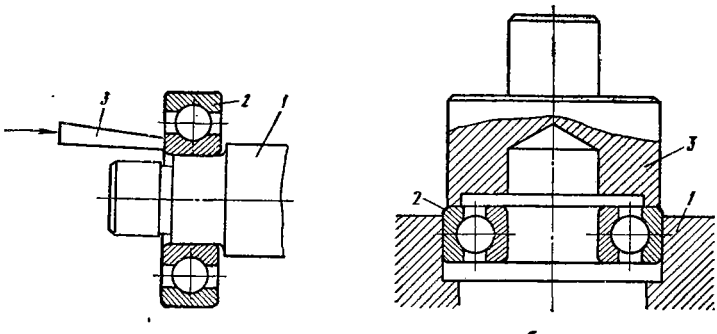


Рис. 136. Виды посадок подшипников:
а — на вал: *1* — вал, *2* — шарикоподшипник, *3* — выколотка; *б* — в корпусе: *1* — корпус, *2* — шарикоподшипник, *3* — справка.

Подшипники качения, как правило, бракуют и заменяют новыми. Подшипники можно оставить для использования, если при его осмотре не обнаружено трещин, разрушений на дорожках, шариках или роликах, повреждений сепараторов и если шум при вращении и встряхивании подшипника не превышает шум эталонного подшипника. Подшипники качения ремонтируют на подшипниковых заводах.

Для снятия и установки подшипников качения применяют съемники (см. рис. 134), или гидравлический пресс, кроме того, снять или установить подшипник можно легкими ударами в колодки из вязкого металла по внутренней обойме при посадке подшипника на вал (рис. 136, *а*) и по наружной обойме при посадке подшипника в гнездо (рис. 136, *б*).

Бронзовые подшипники скольжения используют при ремонте, если верхнее отклонение размера диаметра не

превышает на 0,05 мм (номинальный размер), что проверяют нутромером или непроходной пробкой. При значительной выработке и в случае, если шейки вала шлифуют, втулки выпрессовывают и заменяют новыми. Новые втулки запрессовывают в гнезда с натягом 0,04—0,06 мм и с припуском 0,02—0,03 мм под последующую обработку развертыванием раздвижной разверткой по методу индивидуальной подгонки в зависимости от действительных размеров шеек устанавливаемого вала.

После сборки зазор между втулкой и валом проверяют щупом, зазор должен равняться 0,001 их диаметра с отклонением $+0{,}01\frac{}{}$ мм.

Ремонт поршней. В поршне изнашиваются отверстия под палец, наружная поверхность и канавки поршневых колец.

Таблица 49

Показатели	Компрессоры	
	ФВ-4	ФВ-6
Диаметр отверстия под палец, мм		
номинальный	$12^{+0,006}$	$20^{+0,023}$
допустимый без ремонта	12,01	20,033
Высота канавки поршневых колец, мм		
номинальная	$2{,}5^{+0,02}$	$3^{+0,02}$
допустимая	2,58	3,06
Диаметр наружной поверхности поршня, мм		
номинальный	$40^{-0,025}_{-0,050}$	$67{,}4^{-0,03}_{-0,06}$
допустимый	39,95	67,28

В табл. 49 приведены допустимые отклонения от размеров, при которых поршни используют без ремонта. Диаметр отверстия под палец и высота канавки измеряется нутромером или калибром, а также определяется по величине зазора между поршнем и новыми пальцем и кольцом, размеры которых определеных микрометром.

При выработке отверстия под поршневой палец выше допустимого, чугунные поршни растачивают до следующего ремонтного размера, а в алюминиевых меняют бронзовую

втулку. По размеру отверстия подбирают новый поршневой палец. Зазор между пальцем и отверстием в поршне должен быть после сборки 0,01—0,02 мм. Такая высокая точность обеспечивается методом селекции, т. е. подбора к каждому поршню соответствующего ему пальца.

Поверхность пальца закалена и шлифована и обработке во время ремонта не поддается. Поэтому, если невозможно точно подобрать палец по размеру отверстия в поршне, выбирают палец данного ремонтного размера и разверткой доводят отверстие в поршне до действительного размера пальца.

При отклонении от допустимых размеров по диаметру поршни выбраковывают. Поршни ремонтных размеров протачивают и переводятся из II ремонтного размера в I, а из I — в номинальный. При отклонении по высоте канавок — поршни бракуются.

Ремонт поршневых колец. Поршневые кольца бракуют, если зазор в их замке превышает 0,01 от диаметра цилиндра или имеются другие видимые дефекты.

Новые поршневые кольца подбирают с таким расчетом, чтобы после холостой обкатки, т. е. после некоторого износа кольца и зеркала цилиндра, зазор в замке составил 0,003 от диаметра цилиндра. Для этого каждую партию колец подвергают контрольной обкатке с целью определения износа за время обкатки. Например, если номинальный зазор в замке поршневого кольца компрессора ФВ-6 составляет 0,25 мм, а контрольный износ равен 0,1 мм, то новое кольцо следует устанавливать с зазором в замке 0,15 мм. Зазор в замке кольца определяют щупом после установки кольца в цилиндре.

Кроме теплового зазора, проверяют плотность прилегания кольца к цилиндру. Просвет между зеркалом цилиндра и кольцом должен просматриваться в одном или максимально в двух местах не более чем на $^1/_6$ общей длины кольца. Нельзя подгонять кольцо к цилиндру, уменьшая его длину, т. е. подпиливая в замке, так как при этом кольцо становится овальным и не будет прилегать к зеркалу цилиндра.

При индивидуальном способе ремонта поршневые кольца изготавливают строго по диаметру цилиндра, а при массовом — каждому ремонтному размеру цилиндра соответствует несколько размеров поршневых колец с разницей в диаметре 0,1 мм.

Поршневое кольцо должно утопать в канавке поршня на 0,5 мм, а зазор в канавке по торцу должен быть не менее 0,05 мм и не более 0,10 мм. Если зазор по торцу мал, то кольцо зачищают на доске, покрытой наждачной шкуркой, или шлифуют.

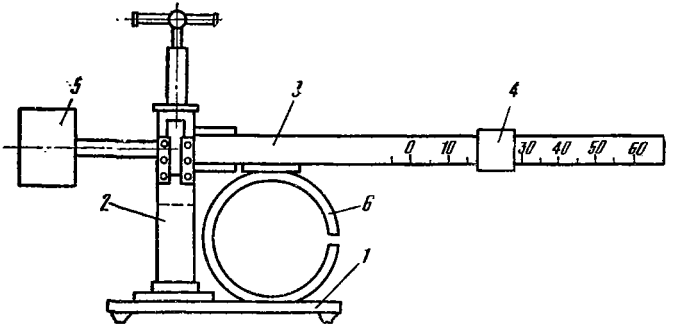


Рис. 137. Рычажный прибор для определения упругости поршневых колец:
1 — плита; *2* — стойка; *3* — рычаг; *4* — груз; *5* — противовес; *6* — поршневое кольцо.

Для каждой партии поршневых колец производят контрольное испытание упругости. Упругость определяется усилием, которое требуется для сжатия кольца до номинального зазора (рис. 137). Упругость колец должна быть в пределах, установленных технологией. Например, упругость поршневого кольца компрессора ФВ-4 должна быть не более 2,3 и не менее 1,5 кг.

Подобранные по цилиндру и поршню кольца надевают на поршень при помощи направляющих пластинок (рис. 138) и устанавливаются замками в разные стороны.

Ремонт шатунов. Шатун выбраковывают при значительной деформации или выработке тела в нижней и верхней головке.

Шатуны с незначительным изгибом правят, а с выработкой втулки верхней головки и шатунного подшипника в пределах, выше допустимых технологией, ремонтируют, заменяя втулку и заливая подшипники антифрикционными сплавами: баббит Б83, наиболее качественный и дорогой с содержанием олова 83%, Б16 с содержанием олова 16%, БН и БТ с содержанием олова 10% и др.

Шатунные подшипники с незначительным износом ремонтируют, уменьшая толщину прокладок или подпиливая плоскость разъема с последующей шабровкой по шейке коленчатого вала. В результате такой подгонки увеличивается размер вредного пространства, поэтому необходимо следить за тем, чтобы этот размер не вышел из пределов допуска (0,01 от размера диаметра цилиндра плюс 0,1 мм).

Если при ремонте компрессора подбирают поршневой палец ремонтного размера, то втулку верхней головки не заменяют, а развертывают для нового размера пальца с зазором 0,01 — 0,02 мм. Втулка должна быть заменена, если зазор между нею и пальцем превышает 0,03 мм.



Рис. 138. Пластинки для надевания колец на поршень:
1 — кольцо; *2* — конусная головка; *3* — пластинки; *4* — поршень.

Заливку подшипника меняют при отставании баббита, глубоких рисках, задирах, малой толщине заливки в следующей последовательности. Выплавляют старый баббит, зачищают поверхность стальной щеткой и обезжиривают 10%-ным раствором каустической соды. Очищенную поверхность лудят припоем ПОС-30. Шатун собирают в специальном приспособлении с установкой между верхней и нижней головкой асбестовой прокладки. Все приспособления нагревают до температуры 180—200° С и заливают непрерывной струей баббита температурой 450—500° С.

При ремонте больших партий шатунов заливку производят центробежным способом. Температуру в электропечи контролируют термопарой или термометром сопротивления.

После заливки подшипник уплотняют роликом на станке и растачивают по диаметру шейки вала с припуском на шабровку 0,1 мм. На подшипниках не должно быть недоливов баббита, раковин, плен, шлаковых включений, трещин и пористости. Правильно залитый подшипник при ударе по нему молотком издает чистый металлический звук.

Глухой дребезжащий звук свидетельствует о браке в заливке.

После расточки шатунный подшипник собирают и пришабривают по шейке вала. При шабровке трехгранным шабером снимают наиболее высокие шероховатости баббита, которые видны после нанесения на его поверхность тонкого слоя краски, пока не добиваются равномерного прилегания поверхности баббита к шейке вала (4—6 пятен на 1 см^2 поверхности), равномерного зазора между шейкой вала и подшипником 0,03—0,04 мм и перпендикулярности оси шатуна к оси коленчатого вала. Перпендикулярность проверяют специальным приспособлением (рис. 139). После сборки шатунно-поршневой группы между поршнем и шаблоном не должно быть зазора.

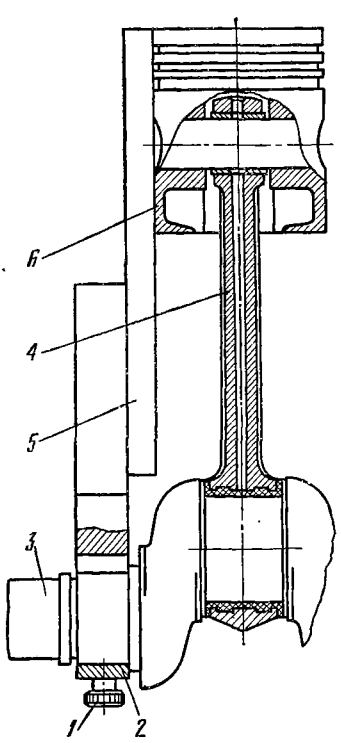


Рис. 139. Шаблон для проверки перпендикулярности образующей поршня к оси коленчатого вала:

1 — винт; *2* — планка; *3* — коленчатый вал; *4* — шатун; *5* — шаблон; *6* — поршень.

У шатунных болтов и гаек не должно быть срывов резьбы или других дефектов, гайки затягивают до отказа и шплинтуют новым шплинтом.

Ремонт коленчатого вала. Коленчатый вал выбраковывают при наличии трещин, обломов и значительной погнутости, которую определяют в центрах (рис. 140). Если погнутость вызывает биение более 0,04 мм, вал правят на винтовых или гидравлических прессах.

При эллипсности или конусности шеек более 0,02 мм, что определяется микрометром (рис. 141), а также при задирах и рисках, шейки вала шлифуют в ремонтный размер (табл. 50).

Коренные шейки вала, работающие в подшипниках качения, ремонтных размеров не имеют.

Если в результате шлифовки шеек их размер становится меньше наименьшего допустимого ремонтного размера, то наплавляют вал электродом диаметром 2—2,5 мм марки Э-42. Наплавкой ремонтируют также значительную выработку шпоночных пазов и сорванную резьбу. В последнее время широко применяют электроимпульсную наплавку.

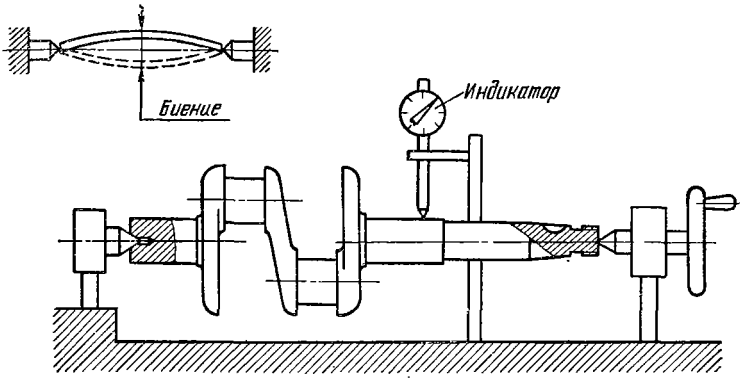


Рис. 140. Приспособление для измерения погнутости вала.

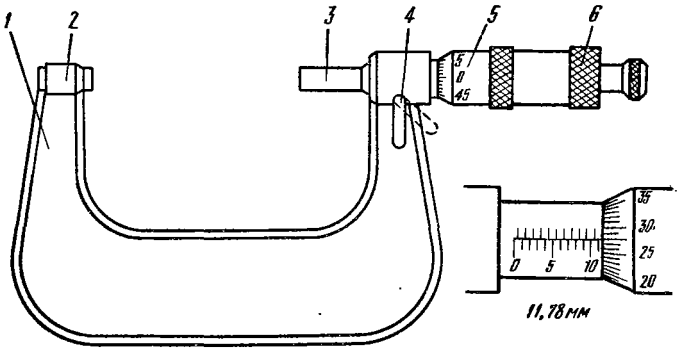


Рис. 141. Микрометр:

1 — скоба; *2* — пятка; *3* — микровинт; *4* — стопор; *5* — барабан; *6* — трещетка.

Таблица 50

Шейки вала	Номинальный диаметр, мм	I ремонтный размер, мм	II ремонтный размер, мм
Компрессор ФВ-4			
Коренные . . . . Передняя	$25^{-0,008}_{-0,022}$	$24,5^{-0,008}_{-0,022}$	$24^{-0,008}_{-0,022}$
Задняя	$30^{-0,008}_{-0,022}$	$29,5^{-0,008}_{-0,022}$	$29^{-0,008}_{-0,022}$
Шатунные	$25^{-0,008}_{-0,022}$	$24,5^{-0,008}_{-0,022}$	$24^{-0,008}_{-0,022}$
Компрессор ФВ-6			
Шатунные	$42^{-0,025}_{-0,050}$	$41^{-0,025}_{-0,050}$	$40^{-0,025}_{-0,050}$
Коренные	$35^{+0,03}_{+0,02}$	Ремонтных размеров нет	

После наплавки вал протачивают, подвергают термообработке и шлифуют в номинальный размер. Твердость шеек после шлифовки должна быть 48—62 Нрс, а чистота поверхности не ниже 9 класса.

Небольшие риски на шейках зачищают наждачным полотном. При разработке шпоночной канавки по ширине не более 0,03 мм ставят шпонку ремонтного размера.

Ремонт сальника вала. При ремонте сальников выбраковывают все резиновые прокладки, пружину, если она потеряла необходимую упругость, стальное кольцо, если износ буртика превышает $^2/_3$ его высоты, сильфон с трещиной или разрывом.

Ремонт сальника заключается в пайке нового сильфона к фланцу и кольцу, испытании на герметичность, шлифовке и притирке колец трения. Сильфоны паяют бескислотным флюсом, состоящим из хлористого цинка (18%), хлористого аммония (3%), дистиллированной воды (11%), технического вазелина (68%).

Герметичность сильфона и пайки проверяют в специальном приспособлении над уровнем воды (рис. 142) избыточным давлением паров фреона $(7—8) \cdot 10^5$ Па. Если в течение 5 мин через сильфон и пайку не просачиваются пузырьки фреона, то сальник считается герметичным.

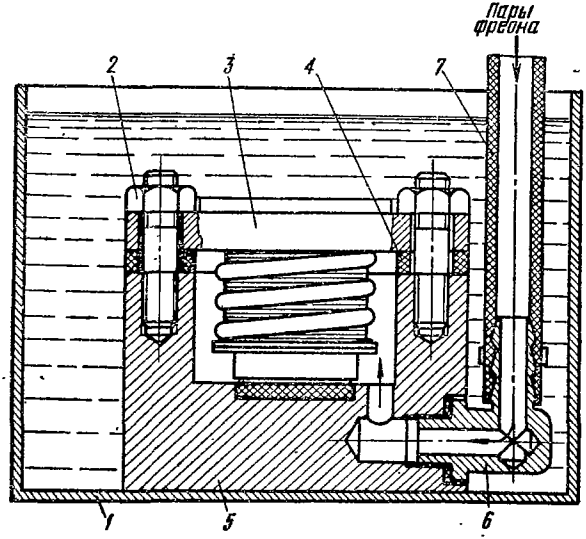


Рис. 142. Приспособление для проверки герметичности сильфонных сальников:

1 — ванна с теплой водой; *2* — гайка; *3* — сильфонный сальник; *4* — прокладка; *5* — корпус приспособления; *6* — штуцер; *7* — шланг.

Стальное кольцо шлифуют на шлифовальном станке абразивным камнем или в специальном приспособлении шлифовальными порошками № 240—320. После шлифования оставляют припуск на последующую обработку 0,01—0,02 мм. Затем кольцо притирают на чугунной плите при помощи специального приспособления в сверлильном станке (рис. 143) вручную или на притирочном станке с применением микропорошков М14-М28. Смазочной средой во время притирки служит керосин или машинное масло. Во время притирки кольцо равномерно прижимается к плите и вращается одновременно вокруг центральной точки плиты и своей оси. Тонкую притирку (доводку) производят в та-

ком же приспособлении с применением микропорошков М5—М10 или паст ГОИ на ровном стекле.

Доводку бронзового кольца производят с помощью абразивных порошков пониженной твердости (окись хрома, окись железа) или притирочных паст. Графитовые кольца бессильфонного сальника притирают на чугунной плите без применения паст.

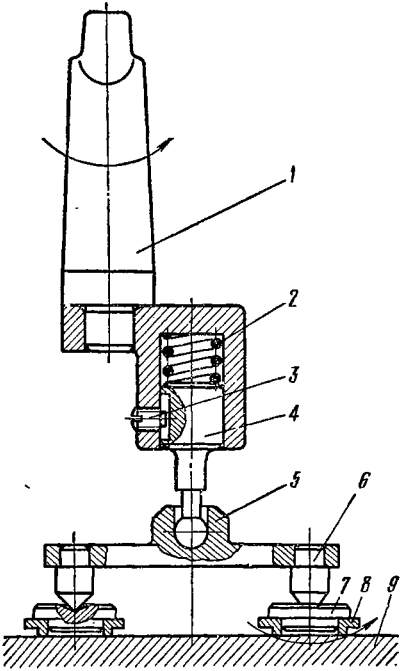


Рис. 143. Приспособление для притирки уплотнительных колец сальников:

1 — корпус; *2* — пружина; *3* — ограничительный винт; *4* — прижим; *5* — паук; *6* — упор; *7* — шайба; *8* — притираемое кольцо; *9* — притирочная плита.

После доводки чистота поверхности рабочих плоскостей колец сальников должна быть 14 класса, что проверяют путем сравнения поверхности с эталонной или профилометром.

Окончательную проверку качества ремонта сальника производят после его обкатки на компрессоре путем создания в картере компрессора избыточного давления фреона $(8—9)\cdot 10^5$ Па по отсутствию пузырьков, просачивающихся через неплотности.

Ремонт клапанной группы. Пластинки всасывающих и нагнетательных клапанов, как правило, бракуют. Исключение составляют пластинки толщиной свыше 1,3 мм, которые при выработке меньше 0,2 мм шлифуют и притирают.

Пружины клапанов недостаточно упругие, или давшие осадку 2—3 мм, бракуют или направляют на реставрацию. Качество пружин определяют, сравнивая деформацию испытуемой и эталонной пружины от одинаковой нагрузки на специальном приборе.

Клапанные доски с небольшими рисками притирают, с рисками глубиной свыше 0,1 мм и короблением свыше 0,05 мм — перед притиркой направляют на шлифовку. Если в результате шлифования толщина доски должна уменьшиться на 0,5 мм и более, то такие клапанные доски выбраковывают. Клапанную доску и пластины клапанов притирают на плите притирочным станком или вручную. После притирки рабочие плоскости клапанной доски и пластин клапанов должны иметь чистоту 12 класса.

Окончательная взаимная приработка рабочих поверхностей клапанной доски и пластинок клапанов происходит в процессе обкатки компрессоров под давлением, после чего определяют плотность клапанов пневматическим испытанием.

Ремонт запорных вентилей. Дефектация всасывающих и нагнетательных вентилей производится по результатам пневматического испытания избыточным давлением 16×10^5 Па в ванне с водой. При испытании через один штуцер тройника подается сжатый воздух, на второй штуцер и на отверстие в корпусе вентиля ставят заглушки, на передний штуцер вентиля навинчивают гайку с медной трубкой.

Вначале, помещая конец медной трубки под уровень воды, проверяют плотность закрытия вентиля в крайних положениях шпинделя по отсутствию пузырьков воздуха, выходящих из трубки. После этого, держа вентиль за трубку, помещают его со снятым колпаком под уровень воды. В крайних положениях шпинделя не должно быть пропусков через сальник и другие места в корпусе и соединениях.

Жидкостной вентиль испытывают вместе с ресивером, при этом трубку надевают на выходной штуцер, а давление воздуха подается в ресивер.

Основными дефектами вентилей являются трещины корпуса, неплотность в крайних положениях шпинделя, неплотность сальника, повреждение резьбы на штуцере корпуса и тройника.

Трещины корпуса вентиля устраняют сваркой, неплотность вентиля в крайних положениях шпинделя устраняют притиркой конусов шпинделя и гнезд в корпусе и переднем штуцере. Неплотность сальника устраняется шлифованием шпинделя и заменой прокладок сальника из фреоно-маслостойкой резины.

После ремонта вентиль испытывают воздухом избыточным давлением 16 ат описанным выше способом.

На резьбах штуцеров вентиля не допускается срыва более двух ниток.

Сборка компрессора. Перед сборкой все детали промывают в бензине. Притертые детали помещают на резиновых, паранитовых или деревянных поверхностях. Следят, чтобы детали не хранились во влажных местах и не соприкасались с водой. Все трущиеся детали смазывают маслом.

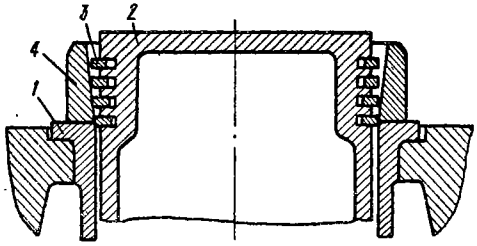


Рис. 144. Установка поршня с кольцами в цилиндр:
1 — цилиндр; *2* — поршень; *3* — кольцо; *4* — конусная втулка.

Сборку компрессора выполняют по узлам, затем узлы собирают в установленной для каждого типа компрессора последовательности с применением различных приспособлений и оснастки. Например, поршень вставляют в цилиндр при помощи конусной втулки, показанной на рис. 144.

Шатун должен легко проворачиваться на валу от руки, шатунные болты должны быть затянуты и шплинтованы новыми шплинтами. Размер вредного пространства должен составлять 0,01 диаметра цилиндра плюс 0,1 мм.

После сборки, проворачивая рукой маховик, убеждаются в свободном движении кривошипно-шатунного механизма и поршней. Радиальное и торцевое биение маховика не должно превышать 0,5 мм по его верхнему ободу.

После сборки производят первую обкатку компрессора и затем его полную разборку. Поэтому все прокладки во избежание их повреждения при разборке смазываются мелким порошком графита.

Обкатка компрессора. Обкатку выполняют с целью приработки сопрягаемых поверхностей деталей и проверки

качества ремонта и сборки. Компрессор обкатывают на оборотах, максимальных для данного типа, на стендах первой и второй обкатки.

Первую обкатку производят на стенде, состоящем из стола, электродвигателя с пусковой аппаратурой, нагне-

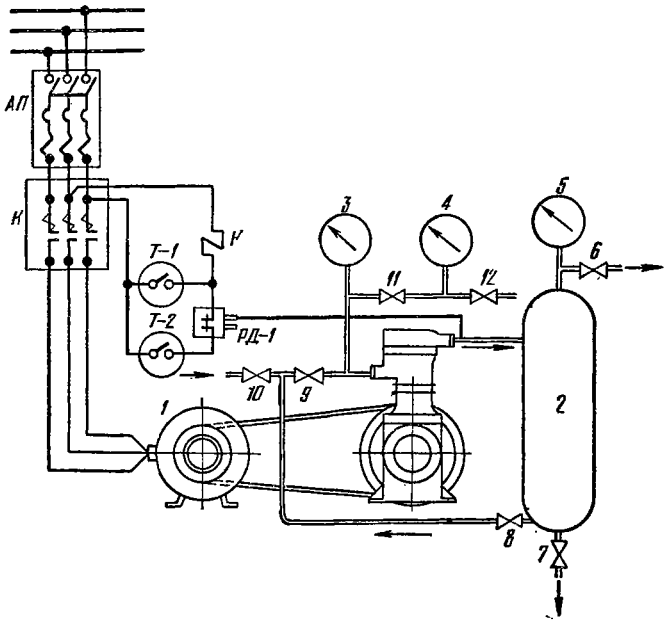


Рис. 145. Стенд второй обкатки компрессоров:
1 — электродвигатель; *2* — баллон; *3* — мановакуумметр; *4* — вакуумметр; *5* — манометр; *6, 7, 8, 9, 10, 11, 12* — вентили; *К* — контактор; *АП* — автоматический включатель; *Т-1, Т-2* — тумблеры; *РД-1* — регулятор давления.

тательного вентиля, трубопровода, манометра, маслоотделителя и выхлопной трубы. Первая обкатка состоит из трех этапов и длится 8 ч. На первом этапе компрессор в течение 2 ч обкатывают без клапанной доски. В это время не должно быть посторонних стуков в компрессоре и нагрева трущихся деталей до температуры свыше 60° С.

Второй этап длится 3 ч. В это время компрессор обкатывают с клапанной доской и крышкой блока. Если в процессе второго этапа не отмечалось посторонних стуков в ком-

прессоре и повышенного нагрева, то переходят к третьему этапу. На компрессор устанавливают нагнетательный вентиль и прикрывают его с таким расчетом, чтобы избыточное давление нагнетания составило $2{,}5 \cdot 10^5$ Па. Обкатка под давлением длится 3 ч. В это время нагрев головки не должен превышать 80° С.

По окончании первой обкатки компрессор разбирают на узлы и важнейшие детали, детали промывают в бензине или моющем растворе, затем снова собирают, обращая внимание на приработку подшипников, поршневых колец, клапанов, колец сальника. Если в процессе первой обкатки достигнута хорошая приработка деталей, что видно по состоянию рабочих поверхностей, то компрессор направляют на вторую обкатку. При плохой приработке полностью повторяют первую обкатку. После первой обкатки обязателен контроль ОТК или мастера.

Вторую обкатку производят в течение 2 ч на специально оборудованном стенде (рис. 145) в следующей последовательности. Закрывают вентили *6*, *7*, *8*, открывают вентили *9*, *10* и пускают компрессор. Когда избыточное давление в баллоне повышается до $3{,}5 \cdot 10^5$ Па, компрессор останавливают и закрывают вентиль *10*. Пускают компрессор и открывают вентиль *8* так, чтобы на стороне всасывания устанавливалось давление $1 \cdot 10^5$ Па, а на стороне нагнетания $3 \cdot 10^5$ Па.

Во время обкатки не должно быть недопустимого нагрева и посторонних стуков в компрессоре.

После обкатки проверяют производительность компрессора. При закрытых вентилях *8*, *11* и открытых вентилях *9*, *10* проверяют продолжительность наполнения десятилитрового баллона воздухом до избыточного давления $10 \cdot 10^5$ Па. Для нормально работающих компрессоров оно не должно превышать установленных величин.

Перед проверкой на производительность из баллона должно быть выпущено масло.

Для проверки плотности нагнетательных клапанов закрывают вентили *6*, *7*, *8* и, открыв вентили *9*, *10*, *11*, пускают компрессор. Когда избыточное давление в баллоне достигает $8 \cdot 10^5$ Па, закрывают вентиль *9* и создают на всасывающей стороне давление 400 мм рт. ст.

При исправных нагнетательных клапанах избыточное давление во всасывающем трубопроводе должно подняться до 10^5 Па не менее чем за 15 мин.

При исправных всасывающих клапанах давление на всасывающей стороне работающего компрессора при закрытом вентиле *9* должно понижаться как минимум до 20 мм рт. ст.

После успешного проведения всех испытаний компрессор снимают со стенда и испытывают на герметичность в ванне с водой избыточным давлением $8 \cdot 10^5$ Па на всасывающей стороне и $12 \cdot 10^5$ Па на нагнетательной стороне. Для компрессоров, работающих на фреоне-22, давление увеличивают в 1,5 раза. Если в течение 5 мин из помещенного под воду компрессора не просочится ни один пузырек воздуха, компрессор считается прошедшим испытание и направляется на сборку холодильного агрегата.

Операции по определению производительности, плотности всасывающих и нагнетательных клапанов производятся контролером ОТК или мастером.

Ремоит ротационных компрессоров

Производительность ротационного компрессора в значительной степени зависит от взаимной подгонки ротора, цилиндра и лопасти.

Зазор между лопастью и пазом в цилиндре должен быть в пределах 0,01—0,04 мм, такой же зазор должен быть между ротором и цилиндром по торцу и между цилиндром и катящимся ротором. Лопасть должна прилегать к ротору по всей длине без малейших зазоров. Поэтому особенностями ремонта ротационных компрессоров является точность взаимной пригонки лопасти, цилиндра и ротора, которая достигается протягиванием паза цилиндра, притиркой торцов ротора, шлифовкой и притиркой лопасти.

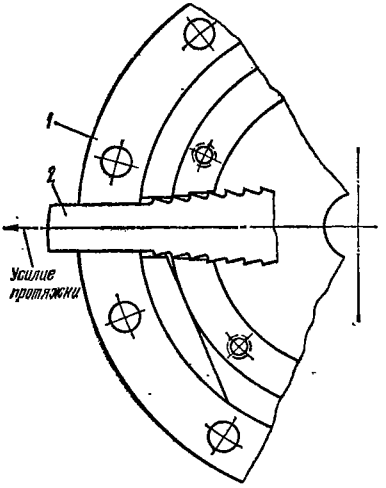


Рис. 146. Инструмент для протягивания паза в цилиндре ротационного компрессора:
1 — цилиндр компрессора; *2* — протяжка.

Паз цилиндра протягивают для того, чтобы устранить неравномерную выработку его плоскостей и после постановки лопасти ремонтного размера достигнуть равномерного зазора между лопастью и пазом.

Инструментом при протягивании служит зубчатая протяжка (рис. 146), которая приводится в движение винтовым прессом. По полученному после протягивания размеру паза подгоняют лопасть путем шлифования ее плоскостей.

Ротор, с выработкой по диаметру более 0,03—0,04 мм, а также с видимыми задирами и рисками бракуют. Новый ротор подбирают по цилиндру с таким расчетом, чтобы зазор между катящимся ротором и цилиндром был не более 0,04 и не менее 0,02 мм.

После указанной выше взаимной подгонки лопасть и ротор устанавливают и закрепляют в цилиндре и торцы их шлифуются на плоскошлифовальном станке заподлицо. После установки шлифованной крышки цилиндра производят обкатку компрессора, в процессе которой за счет выработки образуется торцевой зазор между ротором, лопастью и цилиндром (0,015—0,02 мм).

Шейки вала компрессора шлифуют в ремонтный размер и по размерам шеек растачивают и подгоняют новые втулки, запрессовывая их в картер и цилиндр.

Седло клапана притирается чугунным притиром на станке или вручную.

Ремонт герметичных компрессоров

Герметичные компрессоры рассчитаны на длительный срок работы без разборки, проверки и подгонки сопрягающихся деталей. Высокая износоустойчивость всех деталей достигается взаимным подбором материалов трущихся деталей, высокой чистотой обрабатываемых поверхностей, достаточной смазкой и установкой минимально допустимых зазоров в сопрягающихся деталях.

Все сопрягающиеся детали герметичного компрессора в зависимости от действительного отклонения от номинального размера делятся на четыре или шесть селекционных групп. В табл. 51 приведены группы селекции цилиндра и поршня.

Таблица 51

Деталь	Номинальный диаметр, мм	Допуск, мм						
		при изготовлении	I группа	II группа	III группа	IV группа	V группа	VI группа
Цилиндр	36	+0,020 −0,004	+0,000 −0,004	+0,004 −0,000	+0,008 +0,004	+0,012 +0,008	+0,016 +0,012	+0,020 +0,016
Поршень	36	+0,006 −0,018	−0,014 −0,018	−0,010 −0,014	−0,006 −0,010	−0,002 −0,006	+0,002 −0,002	+0,006 +0,002

При сборке к I группе цилиндра подбирают поршень только I группы и т. д., что обеспечивает зазор между ними от 0,008 до 0,018 мм. Селективная сборка используется и для других пар сопрягающихся деталей.

Конструкция и технология изготовления герметичных компрессоров обеспечивают работу деталей компрессора на весь срок его эксплуатации без недопустимого увеличения зазоров.

Сопрягающиеся детали, потерявшие возможность взаимного движения вследствие попадания инородных частичек, задиров и деформации, что в практике называют заклиниванием, выбраковывают и заменяют новыми деталями соответствующих селекционных групп, выбраковывают и заменяют также лопнувшие пластины клапанов и клапанные доски с выбоинами и рисками на седлах клапанов, которые невозможно устранить шлифованием и притиркой. Кроме заклинивания и потери производительности из-за поломки клапанов, основными дефектами герметичного компрессора является сгорание изоляции обмоток статора и пробои изоляции статора и контактов на корпус.

Окончательную дефектацию герметичного компрессора производят после его разборки, для чего необходимо разрезать его кожух на токарно-винторезном или специальном станке.

Статор со сгоревшей обмоткой выпрессовывается и заменяется новым, заменяются также проходные контакты с сопротивлением изоляции ниже 500 кОм.

В процессе ремонта в герметичный компрессор не должна попасть влага, так как она приводит к разрушению изоляции обмотки статора, коррозии деталей и замерзает в терморегулирующем вентиле. Поэтому компрессор собирают из тщательно осушенных в шкафах и печах деталей,

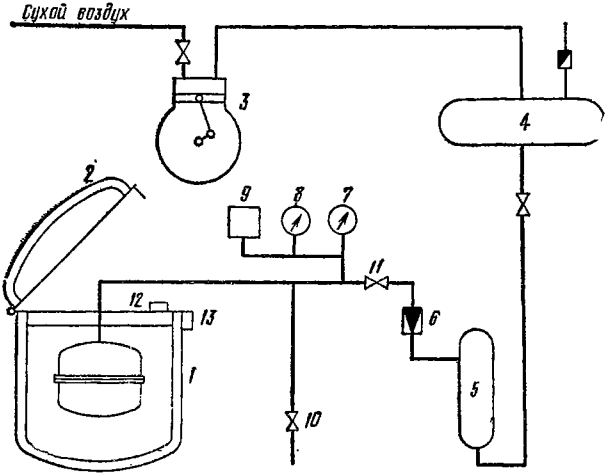


Рис. 147. Схема броневанны:
1 — броневанна; *2* — крышка; *3* — воздушный компрессор; *4* — ресивер с предохранительным клапаном; *5* — маслоотделитель; *6* — обратный клапан; *7* — манометр; *8* — электроконтактный манометр; *9* — реле давлений; *10*; *11* — вентили; *12* — блок-контакты; *13* — электрозамок.

статоры сушат в автоклавах при температуре 110° С и при небольшом избыточном давлении в течение 32 ч проточным сухим воздухом, поступающим из компрессорной станции после осушки его в цеолитовых или силикагелевых колонках.

Для того чтобы влага с рук не попадала на детали, весь персонал работает в перчатках, с этой же целью детали моют в веществах, не содержащих воду, — трихлорэтилене или бензине.

После проверки производительности компрессора и испытания диэлектрической прочности изоляции обмотки статора и контактов компрессор собирают и кожух заваривают электросваркой в атмосфере углекислоты.

По правилам для сосудов, работающих под давлением, после сварки компрессор испытывают на прочность изоточ-

ным давлением сухого воздуха $19 \cdot 10^5$ Па и на плотность давлением $16 \cdot 10^5$ Па. Для того чтобы при испытании на прочность предохранить персонал от последствий возможного разрыва, компрессор испытывают в броневанне из толстолистовой стали, рассчитанной на удар при разрыве.

Схема броневанны показана на рис. 147. Компрессор *3* всасывает из системы сухой воздух избыточным давлением $6 \cdot 10^5$ Па и нагнетает его в испытуемый герметичный компрессор до нужного давления, при котором выключается реле. Испытуемый компрессор помещают в броневанну над уровнем воды и присоединяют шлангом к системе сухого воздуха высокого давления. Система сблокирована таким образом, что включить компрессор *3* можно только после того, когда закроется крышка броневанны.

При давлении $19 \cdot 10^5$ Па испытываемый компрессор выдерживают 5 мин, затем давление снижают до $16 \cdot 10^5$ Па, для чего закрывают вентиль *11*, открывают вентиль *10* и выпускают воздух из системы. При достижении $16{,}5 \cdot 10^5$ Па крышка броневанны закрывается электрозамком и может быть открыта только после снижения давления в испытуемом компрессоре до $16 \cdot 10^5$ Па, для чего в системе установлен электроконтактный манометр. При этом давлении герметичность компрессора проверяется по отсутствию пузырьков воздуха, просачивающихся через неплотности в системе.

Компрессор, прошедший испытания на производительность, диэлектрическую и механическую прочность, а также на герметичность принимается ОТК или мастером и направляется на сборку агрегата.

Ремонт теплообменных аппаратов

Основными дефектами испарителей, конденсаторов и теплообменников являются нарушения герметичности и отложение водяного камня в трубках конденсаторов водяного охлаждения; загрязнение поверхностей конденсаторов воздушного охлаждения; загрязнение внутренних поверхностей, соприкасающихся с фреоном и маслом.

Аппараты ремонтируют в следующей последовательности. Наружные поверхности моют 3%-ным горячим раствором кальцинированной соды. Герметичность проверяют пневматическим испытанием под водой. Неплотности в трубных решетках конденсаторов устраняют развальцовкой

трубок. Если в трубке обнаружена течь, то трубку заменяют.

Медные трубки паяют латунью или меднофосфористым припоем. Герметичность после сварки испытывают воздушным давлением в соответствии с правилами техники безопасности. Водяной камень с поверхности конденсаторов удаляют на стенде путем промывки трубок 5—7%-ным раствором ингибированной соляной кислоты.

Поверхности, соприкасающиеся с фреоном, продувают сжатым воздухом, струя воздуха очищает поверхность от загрязнений и осушает ее. После продувки аппараты выдерживают 32 ч в сушильной камере. В течение этого времени во внутренние полости аппаратов подается струя воздуха температурой 110—115° С, что обеспечивает хорошую осушку. Для аппаратов герметичных машин применяют сухой воздух. Для продувки ресиверов в их донышке сверлят отверстие и после продувки приваривают заглушку.

Детали фильтров и осушителей испытывают на герметичность, промывают в бензине и устраняют утечки. Осушители заряжают цеолитом, регенерированным в течение 3 ч при температуре 400° С в электропечи. Печь подсоединяется к вытяжной вентиляции для удаления паров влаги и масла. Дверь в печи закрывается герметически.

Перед регенерацией цеолит промывают в бензине для обезжиривания. Также регенерирует (при температуре 300° С в течение 3 ч) и силикагель. Цеолит и силикагель при температуре не ниже 200° С засыпают в подогретый до 100° С осушитель.

Сразу после ремонта на штуцера испарителей, конденсаторов, фильтров и осушителей ставят заглушки.

Сборка, зарядка и обкатка агрегатов под фреоном

Агрегат собирают из отремонтированных и проверенных узлов на верстаке или вращающемся столе.

Собранный агрегат без электродвигателя проверяют на герметичность давлением паров фреона. Ванна, в которой проверяют герметичность агрегата, оборудована электрическим или паровым обогревом и имеет боковую подсветку.

Агрегат опускают под воду, для чего в ванне имеется подвижная площадка, оборудованная подъемным приспособлением. Воду в ванне нагревают до 40° С. К тройнику

всасывающего вентиля подсоединяют трубку от баллона с фреоном и манометр. В агрегате создают избыточное давление $8 \cdot 10^5$ Па (для фреона-12) или $14 \cdot 10^5$ Па (для фреона-22) путем подачи в агрегат из баллона небольшого количества фреона. При этом давлении в течение 5 мин наблюдают за появлением пузырьков фреона, просачивающихся через неплотности. Отсутствие пузырьков свидетельствует о герметичности агрегата. Для проверки сальника вручную прокручивают маховик компрессора.

Во время проверки под водой всасывающей и жидкостной вентили агрегата закрыты, а нагнетательный находится в среднем положении. На всех вентилях сняты колпачки, штуцера всасывающего, жидкостного вентиля и тройники нагнетательного вентиля — заглушены.

Затем поднимают агрегат и вместо пробки ванночки сальника компрессора ФВ-4 ввинчивают штуцер с резиновым шлангом. Вначале, опуская конец шланга под воду, проверяют герметичность внутреннего сальника, а затем, подсоединив шланг к баллону с фреоном, создают в масляной ванночке давление и проверяют герметичность внешнего сальника. На штуцер жидкостного вентиля всех агрегатов также навинчивают резиновый шланг и, опуская конец шланга под воду, проверяют плотность закрытия жидкостного вентиля.

Испытание агрегата на герметичность давлением фреона контролируется ОТК или мастером. Прошедший проверку агрегат поднимают из ванны, обдувают сжатым воздухом до полного удаления капель влаги и заряжают фреоном, а герметичные агрегаты — фреоном и маслом. При зарядке герметичных агрегатов применяют только осушенные фреоны и масло.

Годность фреона определяют по сертификату, а масла — путем испытания на пробой напряжением 45 кВ.

Во время зарядки агрегат ставят на весы и подсоединяют к стенду зарядки (рис. 148) через тройник всасывающего вентиля и жидкостной вентиль.

Герметичный агрегат заряжают в следующей последовательности.

Для создания вакуума в аккумуляторе *5* включают вакуум-насос *6*, а для понижения температуры в охладителе *3* — холодильный агрегат *4*.

Открывают жидкостной вентиль *10*, тройник всасывающего вентиля *9* агрегата и вентиля *12* и *13*.

Вентили *11* и *14* закрыты. После достижения в агрегате вакуума, не выше 1 мм рт. ст., что видно по вакуумметру *15*, закрывают вентиль *12* и *13* и, открывая вентиль *11*, заряжают компрессор маслом, дозу которого определяют взвешиванием. Сосуд с маслом должен быть защищен от попадания в него влаги и иметь указатель уровня, так как всасывающая трубка в сосуде все время должна находиться ниже уровня масла.

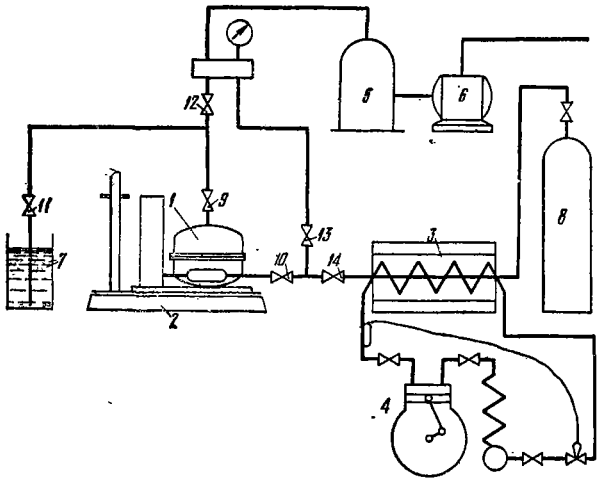


Рис. 148. Схема стенда зарядки:
1 — заряжаемый агрегат; *2* — весы; *3* — охладитель; *4* — холодильный агрегат; *5* — аккумулятор вакуума; *6* — вакуум-насос; *7* — сосуд с маслом; *8* — баллон с фреоном; *9* — всасывающий вентиль агрегата; *10* — жидкостной вентиль агрегата; *11, 12, 13, 14* — вентили стенда.

Закрывают вентиль *11*, открывают вентили *12* и *13* и после снижения в агрегате давления до 1 мм рт. ст. закрывают вентиль *13* и, открыв на 5—10 с вентиль *14*, продувают агрегат фреоном. Затем закрывают вентиль *14*, открывают вентиль *13* и после повторного достижения вакуума в 1 мм рт. ст. заряжают агрегат фреоном. Для этого закрывают вентили *12* и *13*, открывают вентиль *14*, после чего охлажденный в охладителе *3* фреон быстро заполняет ресивер агрегата. Дозу заряжаемого фреона определяют взвешиванием.

После зарядки закрывают вентили *14*, *10*, перекрывают тройник вентиля *9* и отсоединяют агрегат. Массу заряжен-

ного агрегата записывают в его паспорт или ремонтный акт. Агрегаты с открытыми компрессорами заряжают только фреоном, так как маслом компрессор уже заряжен.

Если в дальнейшем при выдаче отремонтированного агрегата со склада и при получении его владельцем масса агрегата не изменяется, — это является подтверждением его герметичности.

После зарядки агрегат обкатывают с фреоном. В процессе обкатки система очищается от загрязнений и осушается фреон, так как в агрегате содержится незначительное количество влаги, а также проверяют режим работы холодильного агрегата.

Для обкатки агрегат устанавливают на стенд, оборудованный электропусковой аппаратурой, к жидкостному вентилю агрегата медной трубкой присоединяют обкаточный комплект, состоящий из осушителя, механического фильтра и терморегулирующего вентиля. На тройник всасывающего вентиля устанавливают мановакуумметр, а на тройник нагнетательного — манометр. Агрегат включают в работу и обкатывают в течение 5 ч.

Во время обкатки температура электродвигателя не должна превышать температуру воздуха более чем на 30° С, температура картера не должна быть более 50° С, температура крышки блока — более 70° С, температура конденсации должна быть не более чем на 12° С выше температуры воздуха, давление кипения должно оставаться все время постоянным.

После обкатки агрегата с фреоном проверяют степень осушки фреона, для чего регулируя терморегулирующий вентиль, устанавливают давление кипения $(0{,}1—0{,}2) \cdot 10^5$ Па, а прессостат устанавливают на отключение при атмосферном давлении. Если в течение 1 ч давление кипения не снизится, это свидетельствует о достаточной осушке системы.

При наличии в системе влаги произойдет ее замерзание в терморегулирующем вентиле, давление кипения понизится, а агрегат будет остановлен прессостатом. То же произойдет при засорении фильтра терморегулирующего вентиля. В этом случае в обкаточном комплекте следует сменить фильтр или осушитель и продолжить обкатку агрегата по полному циклу.

Герметичные агрегаты обкатываются с фреоном без подсоединения нагнетательного манометра и прессостата, а контроль за давлением кипения ведется визуально.

Обкатка агрегата под фреоном контролируется ОТК или мастером.

По окончании обкатки закрывают жидкостной вентиль на агрегате, открывают терморегулирующий вентиль на полный проход и отсасывают фреон из обкаточного комплекта. После этого закрывают всасывающий вентиль, отсоединяют агрегат, подтягивают сальники вентилей и повторно проверяют герметичность агрегата в ванной с водой, нагретой до 40° С, и вновь взвешивают. Разница в массе агрегата во время зарядки и после обкатки не должна превышать 100 г. После этого на колпачки вентилей агрегата ставят пломбы.

Заключительной ремонтной работой является окраска агрегата. Поскольку сушить агрегаты, заполненные фреоном, при температуре выше 35° С не разрешается, то агрегаты окрашивают нитрокрасками в специальных помещениях, оборудованных проточно-вытяжной вентиляцией. Окраску производят пистолетом-распылителем после обезжиривания поверхностей агрегата — уайтспиртом, шпаклевки и зачистки.

Отремонтированные агрегаты хранят до выдачи на складе готовой продукции. Склад оборудуется подъемно-транспортными приспособлениями, приточно-вытяжной вентиляцией. Температура в складе не должна быть ниже 12° С.

При выдаче агрегата из склада проверяют его массу и в случае расхождения более чем на 100 г с массой, записанной в паспорте, агрегат возвращают в цех для повторной проверки герметичности и необходимого ремонта.

§ 4. РЕМОНТ СРЕДНИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Установки средней холодопроизводительности спроектированы и работают как с системами непосредственного охлаждения, так и с рассольным охлаждением. Холодильными агентами, как правило, являются аммиак, фреон-12 или фреон-22.

Конструктивными особенностями компрессоров средней производительности, кроме больших габаритов и массы, является наличие в них масляных насосов, предохранительных клапанов, а в аммиачных компрессорах — ложных крышек и буферных пружин; цилиндры компрессоров имеют сменные гильзы, а шатуны компрессоров с ди-

аметром цилиндров 150 мм и более — вкладыши, залитые баббитом, пластины клапанов выполнены в форме кольца.

Цилиндры и поршни компрессоров не имеют ремонтных размеров. При недопустимо большом износе гильзы цилиндра производят ее замену.

Поршни по наружному диаметру изнашиваются меньше, чем цилиндры, поэтому при замене гильз поршни, как правило, оставляют старые. В них растачивают отверстие под палец и ставят новый палец ремонтного размера. При текущем и среднем ремонте, когда гильзы цилиндров из-за незначительной выработки не заменяются, ставят поршневые кольца ремонтных размеров.

Особенностью ремонта клапанной группы является то, что пластины клапанов из-за большой площади могут коробиться и их следует проверять лекальной линейкой. Плотность клапанов проверяют в собранном виде керосином. Если в течение 5 мин клапан не пропускает керосин, то его плотность гарантирована. Высота подъема пластинок 1,5—2,5 мм.

Ремонт масляного насоса

В настоящее время заводы выпускают компрессоры только с шестеренными масляными насосами. В этих насосах изнашиваются зубья, торцевые плоскости шестерен, торцы корпуса, крышки насоса и валики.

Шестерни бракуют, если зазор между цилиндром и зубьями шестерни превышает 0,03 мм, нормальный зазор между зубьями новой шестерни и цилиндром 0,01—0,02 мм. Таким же должен быть в отремонтированном насосе суммарный зазор в торцевой части между корпусом, шестернями и крышкой насоса после постановки тонкой бумажной прокладки. Если при дефектации окажется, что зазор по торцу превышает 0,03 мм, то крышку и торцевую плоскость корпуса насоса шлифуют в нужный размер. Для того чтобы определить зазор по торцу в собранном насосе, перед установкой крышки на торец шестерни помещают кусочек свинца, при затягивании болтов свинец деформируется, и величину зазора определяют по толщине оттиска.

Работу масляного насоса проверяют при холостой обкатке по давлению масла. Давление должно быть при закрытом перепускном вентиле не менее $2 \cdot 10^5$ Па и плавно снижаться до 0 при открывании перепускного вентиля.

Ремонт предохранительных клапанов

Основным дефектом предохранительных клапанов является неплотность клапана при давлении меньшем, чем давление открытия клапана, и несрабатывание клапана при достижении заданного давления. Это происходит из-за деформации пружины, коррозии или других дефектов седла и конуса клапана.

Предохранительный клапан ремонтируют в следующей последовательности. Клапан разбирают и проверяют упругость пружины, сравнивая ее с эталонной. Если пружина окажется негодной, ее заменяют новой. Дефекты седла и конуса клапана устраняют шлифовкой и притиркой.

Собранный предохранительный клапан подсоединяют входным фланцем или штуцером к воздушному компрессору, на выходной штуцер надевают резиновую трубку и помещают ее конец под воду. Включают в работу компрессор и, регулируя сжатие пружины, добиваются, чтобы начало открытия (появление пузырьков воздуха из резиновой трубки) и полное открытие клапана (воздух выходит из трубки непрерывной струей) происходили при определенных давлениях (табл. 52).

Таблица 52

Предохранительный клапан	Избыточное давление, 10^5 Па	
	в начале открытия	при полном открытии
Клапан аммиачного компрессора	16	—
Клапан компрессора на фреоне-12	10	—
Клапан компрессора на фреоне-22	16	—
Клапан аммиачного испарителя	12	—
Клапан испарителя на фреоне-12	—	11,5
Клапан испарителя на фреоне-22	—	18,5
Клапан аммиачного конденсатора	18	—
Клапан конденсатора на фреоне-12	—	18,5
Клапан конденсатора на фреоне-22	—	23

Регулировка предохранительного клапана проверяется ОТК или мастером, после чего клапан пломбируется.

Сборка компрессоров средней производительности

При сборке аммиачного компрессора буферные пружины проверяют на упругость, а ложные крышки — притирают к торцевой плоскости цилиндров.

При сборке аммиачных и фреоновых компрессоров должны быть выдержаны размеры и зазоры. Смещение осей цилиндров относительно шатунных шеек коленчатого вала допускается не более 0,5 мм. Перпендикулярность осей цилиндров и оси коленчатого вала определяют при помощи специального приспособления, торцевой конец которого должен без просвета прилегать к поверхности шатунной шейки в нижней мертвой точке. Допустимая неперпендикулярность на 100 мм длины не более 0,02 мм.

Зазоры в шатунных подшипниках: диаметральные 0,04—0,1, аксиальные 0,06—0,16 мм в зависимости от длины вала и его диаметра. Зазор между пальцем и втулкой верхней головки шатуна — порядка 0,01 мм, посадка пальца в отверстие поршня с натягом 0,01—0,02 мм. Зазор между проушиной в поршне и верхней головкой шатуна 2—2,5 мм на сторону, а зазор между галтелями коренных подшипников и шейками коленчатого вала на 0,5 мм меньше. Линейный размер вредного пространства, определяемый свинцовым оттиском при жестко закрепленной клапанной доске или ложной крышке, должен быть 1—1,5 мм. Размер вредного пространства регулируется толщиной прокладок и шлифованием ложных крышек.

Поршень должен прилегать к боковой стенке цилиндра с разницей зазора в верхней и нижней части не более 0,05 мм.

При обкатке компрессора под давлением контролируют унос масла из картера, для чего на маслоотделителе обкаточного стенда установлено маслоуказательное стекло. Унос масла определяют по разности уровней в стекле до начала и после обкатки. Если унос масла превышает допустимую величину, например для компрессора АУ-30 около 50 г в час, то компрессор разбирают и проверяют состояние поршневых маслосбрасывающих колец.

Унос масла является, как правило, результатом потери упругости кольцами или их неплотного прилегания к стенкам цилиндра. При неплотном прилегании к цилиндру на поверхности колец просматриваются темные матовые зоны. Если кольца потеряли свою упругость или нерабочая

зона на их поверхности большая (свыше $^1/_6$ длины), то их заменяют новыми и обкатку компрессора повторяют.

В остальном ремонт компрессоров, сосудов и аппаратов средних холодильных установок производят так же, как и в малых установках.

Для каждого типа компрессора, аппарата и сосуда технологией ремонта определены условия выбраковки деталей, допуски и зазоры, последовательность ремонтных операций, условия испытаний.

Если во время ремонта сосуды, аппараты и трубопроводы холодильной установки сваривали, то в таких случаях компрессоры, сосуды и аппараты испытывают на прочность и плотность по заводским нормам, а трубопроводы — по монтажным нормам.

Воздушное испытание сосудов можно проводить только после пробного испытания. Детали, сосуды и аппараты фреоновых холодильных установок, если позволяют их размеры, разрешается испытывать сухим воздухом или инертным газом в броневанне под таким же давлением, как и при пробном испытании. При этом руководствуются правилами техники безопасности при работе на аммиачных и фреоновых холодильных установках.

§ 5. РЕМОНТ ПРИБОРОВ АВТОМАТИКИ

Для ремонта приборов автоматики должен быть оборудован участок, оснащенный столом для пайки, верстаком для разборки и сборки приборов и стендом для зарядки и испытания приборов автоматики (рис. 149).

Ремонт терморегулирующих вентилей

Основными дефектами ТРВ являются нарушение герметичности силового элемента и утечка из него фреона, неплотность при закрывании иглой дроссельного отверстия, негерметичность корпуса, срыв резьбы на штуцерах, износ граней квадрата штока и др.

Корпуса со срывом резьбы более двух ниток на штуцерах бракуют.

В терморегулирующих вентилях с годной резьбой проверяют герметичность силового элемента. Для этого конец термочувствительного патрона распаивается, и патрон зажимается между планками *ЗП* в специальном приспособлении. В гнездо одной из плашок подается фреон из бал-

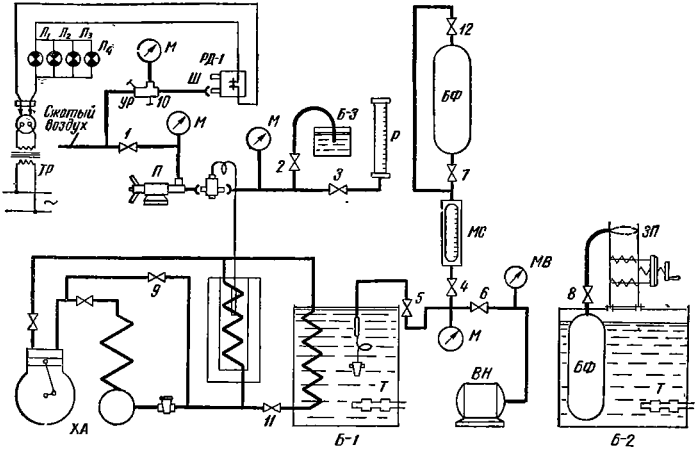


Рис. 149. Схема стенда для зарядки и регулирования приборов автоматики:

М — манометр; *МВ* — мановакуумметр; *Р* — ротаметр; *МС* — мерное стекло; *Т* — электронагреватели; *ВН* — вакуум-насос; *ХА* — холодильный агрегат; *ТР* — низковольтный трансформатор; *Л* — электролампочка; *УР* — редуктор; *П* — приспособление для зажима ТРВ; *Б-1*, *Б-2*, *Б-3* — бочки с водой; *БФ* — баллон с фреоном; Ш — штуцер для подключения *РД*; *ЗП* — зажимные планки; *1—12* — вентили стенда.

лончика *БФ*, находящегося в бочке с теплой водой *Б-2*. На входной штуцер ТРВ ставят заглушку, а на выходной навинчивают гайку с трубкой, конец которой помещают под уровень воды. Открывают вентиль на баллоне *8*, и если из трубки в течение пяти минут не появляются пузырьки фреона, то мембрана ТРВ-герметична. При появлении пузырьков, что свидетельствует о негерметичности мембраны, силовой элемент заменяют новым. Затем рамку с зажатым термочувствительным патроном опускают под воду и проверяют герметичность всего силового элемента. Неплотности устраняют пайкой припоем ПОС-40, применяя бескислотный флюс.

Плотность прилегания иглы и седла проверяют, подавая давление фреона во входной штуцер и опуская трубку, надетую на выходной штуцер, под воду.

Неплотность устраняют заменой иглы и седла клапана или их притиркой. После этого ТРВ зажимают в планках *ЗП*, для чего в них имеются гнезда для входного и выходного штуцера. Подавая фреон через выходной штуцер, проверяют герметичность корпуса ТРВ. Неплотности уст-

раняются подтягиванием штуцера сальниковой гайки (гранбуксы), сменой медных прокладок и прокладок сальника.

В отремонтированных и проверенных на герметичность ТРВ заряжают силовой элемент. Норма зарядки силовых элементов ТРВ строго дозированная и определена для каждого типа прибора. Зарядку производят с таким расчетом, чтобы жидкий фреон заполнил все пространство над мембраной, капиллярную трубку и часть чувствительного патрона, однако делают этот так, чтобы при сосредоточении фреона в чувствительном патроне он не занимал более 80% его объема.

Норма зарядки для прибора ТРВ-2М с капиллярной трубкой диаметром 2 мм равна 3,5 г, что соответствует объему 2,5 $см^3$ жидкого фреона-12; при использовании капиллярной трубки диаметром 3 мм норма зарядки увеличивается до 5 г (3,5 $см^3$).

Силовой элемент ТРВ заряжается следующим образом. Конец капиллярной трубки, закрепленной на вентиле *5*, припаивается к термочувствительному патрону ТРВ, затем открывают вентили *5* и *6* и при помощи вакуум-насоса вакуумируют систему силовой части ТРВ. Закрывают вентиль *6* и, открывая вентиль *4*, наполняют систему трубок стенда фреоном из мерного стекла.

Закрывая вентиль *4* и открывая вентиль *6*, вторично вакуумируют систему. Перед зарядкой системы включают в работу холодильный агрегат и температура воды в бочке *Б-1* устанавливается на 5° С ниже температуры окружающей среды, заполняют фреоном мерное стекло открытием вентиля *7*, после чего жидкий фреон самотеком заполняет мерное стекло. Баллон с фреоном находится выше уровня мерного стекла. Вентиль *12* открыт постоянно. После вторичного вакуумирования закрывают вентили *5* и *6* и, открывая вентиль *4*, заполняют жидким фреоном всю систему до вентиля *5*. ТРВ и термочувствительный патрон не менее чем на 1 мин помещают в бачок с холодной водой. Открывая вентиль *5* медленно заполняют силовую часть ТРВ жидким фреоном в необходимом количестве, определяемом по шкале на мерном стекле.

После зарядки капиллярную трубку пережимают на расстоянии 10—12 мм от термочувствительного патрона на специальном приспособлении, проверяют на герметичность погружением в воду и запаивают.

Отремонтированный и заряженный ТРВ испытывают на пропускную способность. Для этого ТРВ зажимают на стенде специальным приспособлением *П*, и сжатый воздух через вентиль *1* подается к входному штуцеру ТРВ под давление $9 \cdot 10^5$ Па, чувствительный патрон опускают в ванночку с рассолом, где холодильным агрегатом поддерживается температура —30° С. Избыточное давление фреона-12 в патроне, как и давление воздуха на выходе из ТРВ, при этом будет 0 Па, что соответствует положению ТРВ, когда перегрев равен 0, в этом случае расход воздуха тоже должен быть равен 0. Для проверки закрывают вентиль *3* и, открывая вентиль *2*, проверяют не появляются ли в бочке *Б-3* пузырьки.

Если игла обеспечивает плотность, то, регулируя настройку ТРВ, можно легко добиться плотного закрытия (не более 2—3 пузырьков в минуту), после этого надо закрыть вентиль *2*, открыть вентиль *3* (на ротаметр) и поднять температуру рассола до —20° С (температуру поднимают открытием вентиля *9* холодильного агрегата и перемешиванием рассола ручной мешалкой). Такой нагрев патрона вызывает повышение давления в нем до $0{,}5 \cdot 10^5$ Па. Открытие иглы должно обеспечить расход воздуха 40 л в минуту (замеряется по ротаметру). Для проверки работы прибора при высоких температурах чувствительный патрон вынимают из ванночки с рассолом. Вентиль *3* (на ротаметр) закрыт. Регулировочным штоком устанавливают давление на выходе из ТРВ $4{,}2 \cdot 10^5$ Па (при плотной игле давление не должно повышаться). Затем постепенно открывают вентиль *3* и снижают давление до $3{,}66 \cdot 10^5$ Па. Расход по ротаметру должен стать не менее 40 л/мин. Приборы, не прошедшие испытания, направляют на повторный ремонт, а прошедшие испытание — на выдержку в термошкаф, где поддерживается температура 40° С сроком на один месяц.

Если в силовой системе имеются малейшие неплотности, то в течение этого времени фреон уйдет из силового элемента. Поэтому после месячной выдержки ТРВ повторно испытывают на производительность и только после этого передают на склад готовой продукции или в эксплуатацию.

У терморегулирующих вентилей большой производительности (ТРВА-10, ТРВА-20, ТРВА-40, ТРВ-20, ТРВ-40, ТРВ-60) имеется штуцер для внешнего выравнивания.

Силовые элементы аммиачных ТРВ заряжаются фреоном-22. Кроме перечисленных выше дефектов, в этих приборах часто выходят из строя регулировочные шестерни. Испытание на герметичность и зарядка силовых элементов этих приборов производится так же, как и ТРВ без внешнего выравнивания.

Испытание производительности ТРВ с внешним уравниванием производят по специальной технологии, так как ротаметр, установленный на универсальном стенде, рассчитан на измерение относительно малых расходов.

ТРВ можно испытывать непосредственно на холодильной установке соответствующей холодопроизводительности.

Ремонт реле температуры

В реле температуры манометрического типа ТДДА, ТРД-3, ТР-1, АРТ-2 выходят из строя сильфоны, капиллярные трубки, подгорают контакты, деформируются пружины. Ремонт прибора начинают с очистки, разборки и проверки герметичности силового элемента.

Неплотности устраняют заменой сильфона, капиллярной трубки и пайкой мест соединений и неплотностей. Испытанный на герметичность силовой элемент заряжают насыщенными парами фреона.

Для этого в бачке *Б-1* включают ТЭНы и устанавливают температуру на 5° С выше температуры окружающей среды. Вакуумируют и заряжают силовые элементы реле температуры в таком же порядке, как и ТРВ, с той разницей, что вентиль *7* постоянно закрыт, а зарядку производят через вентиль *12* насыщенным паром. Вентиль *5* открывается на несколько секунд, этого времени достаточно для заполнения силового элемента.

Подгоревшие контакты прибора зачищают бархатным надфилем или заменяют новыми. Неисправные микропереключатели заменяют.

Для проверки работы патрон термореле опускают в ванночку с холодным рассолом, температура которого регулируется при работающем холодильном агрегате степенью открытия вентиля *9*.

Электроконтакты реле подсоединяются в цепь напряжением 36 В. Набором лампочек устанавливают мощность цепи, равную разрывной мощности контактов реле данного типа.

Включение и выключение лампочки должно происхо-

дить четко, без искрения контактов, при достижении рассолом крайних температур в пределах диапазона регулирования прибора и его дифференциала. После испытания приборы выдерживают в течение одного месяца, и затем, после повторной проверки, выпускают из ремонта.

Ремонт реле давления

Основными дефектами реле давления являются трещины в гофрах сильфонов, уменьшение тяговой силы магнита, подгорание контактов, деформации пружины.

Сильфоны прессостата и маноконтроллера проверяют на герметичность под уровнем воды давлением воздуха, для прессостата РД — $8 \cdot 10^5$ Па, для прессостата РДА — $10 \cdot 10^5$ Па, для маноконтроллеров РДА — $20 \cdot 10^5$ Па, РД—$(1—12) \cdot 10^5$ Па. Отсутствие пузырьков в течение 5 мин свидетельствует о герметичности системы. Неплотность устраняют заменой сильфонов и пайкой.

Если постоянный магнит не удерживает груз массой 250 г, то его заменяют новым. Контакты зачищают или заменяют новыми, если они потеряли форму.

РД-1 и РДА проверяют подключением прессостата и маноконтроллера поочередно к штуцеру *Ш*, а электрических контактов РД — через понижающий трансформатор к лампочке напряжением 36 В. Проверяется вначале прессостат, затем маноконтроллер. Открывается вентиль *10*, и через редуктор подается сжатый воздух к регулятору давления.

По загоранию лампочки судят о замыкании или размыкании контактов. Суммарная мощность лампочек и трансформатора должна быть равной 300 Вт, что соответствует разрывной мощности контактов РД.

Лампочка должна загораться и гаснуть четко, искрение контактов РД не допускается.

Ремонт остальных приборов автоматики таких, как водорегулирующие и соленоидные вентили, регуляторы давлений, реле контроля смазки, сигнализаторы уровня и другие, выполняется в соответствии с технологией их ремонта или по технологии завода-изготовителя.

Ремонт приборов автоматики контролируется ОТК и мастером. Контрольная проверка приборов автоматики производится независимо от их состояния не реже одного раза в год.

Приложение 1

Параметры насыщенных паров фреона-12

Температура, °С	Абсолютное давление, кг/см²	Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования, ккал/кг
		жидкости, кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг	
—50	0,3999	1,546	2,595	89,59	131,18	41,59
—48	0,4432	1,540	2,854	89,97	131,42	41,45
—46	0,4900	1,535	3,132	90,36	131,65	41,29
—44	0,5409	1,529	3,432	90,76	131,89	41,13
—42	0,5958	1,523	3,752	91,15	132,13	40,98
—40	0,6551	1,517	4,097	91,55	132,36	40,81
—38	0,7189	1,511	4,466	91,95	132,60	40,65
—36	0,7875	1,505	4,862	92,35	132,83	40,48
—34	0,8610	1,499	5,280	92,76	133,07	40,31
—32	0,9400	1,493	5,724	93,16	133,30	40,14
—30	1,0245	1,487	6,200	93,57	133,54	39,97
—28	1,1149	1,481	6,702	93,98	133,77	39,79
—26	1,2109	1,475	7,236	94,40	134,01	39,61
—24	1,3140	1,469	7,800	94,81	134,24	39,43
—22	1,4227	1,463	8,403	95,23	134,47	39,24
—20	1,5396	1,456	9,034	95,65	134,71	39,06
—18	1,6627	1,450	9,709	96,08	134,95	38,87
—16	1,7940	1,444	10,42	96,50	135,17	38,67
—14	1,9321	1,438	11,17	96,93	135,40	38,47
—12	2,0793	1,431	11,96	97,36	135,63	38,27
—10	2,2342	1,425	12,80	97,80	135,87	38,07
—8	2,3984	1,419	13,68	98,23	136,09	37,86
—6	2,5712	1,413	14,60	98,67	136,32	37,65
—4	2,7531	1,407	15,57	99,11	136,54	37,43
—2	2,9439	1,400	16,59	99,53	136,77	37,21
0	3,1465	1,394	17,65	100,00	136,99	36,99
2	3,3583	1,388	18,76	100,45	137,21	36,76
4	3,5804	1,381	19,95	100,90	137,43	36,53
6	3,8135	1,375	21,18	101,35	137,65	36,30
8	4,0582	1,368	22,47	101,80	137,86	36,06
10	4,3135	1,362	23,79	102,26	138,08	35,82
12	4,5828	1,355	25,19	102,72	138,29	35,57
14	4,8621	1,349	26,66	103,18	138,49	35,31
16	5,1550	1,342	28,19	103,65	138,70	35,05
18	5,4605	1,335	29,87	104,12	138,91	34,79
20	5,7786	1,329	31,50	104,59	139,12	34,53
22	6,1112	1,321	33,28	105,06	139,31	34,25
24	6,4584	1,315	35,11	105,53	139,50	33,97
26	6,8175	1,308	37,04	106,01	139,70	33,69
28	7,1933	1,300	39,06	106,49	139,89	33,40
30	7,5810	1,293	41,11	106,97	140,08	33,11
32	7,9897	1,285	43,31	107,45	140,25	32,80

Продолжение

Температура, °С	Абсолютное давление, кг/см²	Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования, ккал/кг
		жидкости, кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг	
34	8,4087	1,278	45,62	107,94	140,43	32,49
36	8,8475	1,270	48,01	108,43	140,61	32,18
38	9,2989	1,263	50,51	108,92	140,77	31,85
40	9,7707	1,255	53,13	109,41	140,94	31,53
42	10,257	1,247	55,90	109,91	141,10	31,19
44	10,763	1,239	58,83	110,41	141,25	30,84
46	11,283	1,230	61,95	110,91	141,40	30,49
48	11,828	1,221	65,24	111,41	141,54	30,13
50	12,386	1,213	68,56	111,91	141,66	29,75

Приложение 2

Параметры насыщенных паров фреона-22

Температура, °С	Абсолютное давление, кг/см²	Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования, ккал/кг
		жидкости, кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг	
—100	0,0210	1,50	0,1199	74,12	137,92	63,80
—90	0,0489	1,536	0,2752	76,64	139,10	62,46
—80	0,1050	1,512	0,5634	79,14	140,29	61,15
—70	0,2088	1,489	1,064	81,64	141,49	59,85
—60	0,382	1,465	1,869	84,15	142,68	58,53
—54	0,534	1,450	2,545	85,67	143,40	57,73
—50	0,660	1,439	3,096	86,70	143,90	57,20
—46	0,807	1,427	3,745	87,72	144,39	56,67
—40	1,076	1,411	4,878	89,27	145,12	55,85
—36	1,295	1,400	5,780	90,32	145,56	55,24
—32	1,542	1,388	6,849	91,37	146,02	54,65
—30	1,679	1,382	7,407	91,90	146,25	54,35
—28	1,824	1,375	8,000	92,45	146,48	54,03
—26	1,978	1,369	8,621	93,00	146,71	53,71
—24	2,14	1,363	9,259	93,51	146,91	53,40
—22	2,32	1,356	10,00	94,04	147,12	53,08
—20	2,51	1,350	10,76	94,58	147,35	52,77
—18	2,70	1,344	11,56	95,12	147,58	52,46
—16	2,92	1,338	12,42	95,65	147,80	52,15
—14	3,14	1,331	13,32	96,18	148,02	51,84
—12	3,37	1,325	14,289	96,70	148,23	51,53
—10	3,63	1,318	15,29	97,25	148,45	51,20
—8	3,89	1,312	16,367	97,78	148,63	50,85
—6	4,17	1,305	17,48	98,31	148,83	50,52
—4	4,46	1,299	18,656	98,87	149,03	50,16
—2	4,77	1,292	19,92	99,43	149,23	49,80

Продолжение

Температура, °С	Абсолютное давление, кг/см²	Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования, ккал/кг
		жидкости, кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг	
0	5,10	1,285	21,23	100,00	149,43	49,43
2	5,44	1,278	22,57	100,58	149,63	49,05
4	5,82	1,271	24,04	101,16	149,81	48,65
6	6,18	1,264	25,64	101,77	150,01	48,24
8	6,57	1,257	27,25	102,40	150,20	47,80
10	6,99	1,249	28,90	103,00	150,36	47,36
12	7,42	1,242	30,67	103,60	150,52	46,92
14	7,87	1,235	32,57	104,25	150,72	46,47
16	8,34	1,228	34,60	104,87	150,87	46,00
18	8,83	1,220	36,63	105,50	151,00	45,50
20	9,35	1,213	38,76	106,13	151,13	45,00
22	9,89	1,206	41,15	106,78	151,27	44,49
24	10,45	1,198	43,48	107,42	151,38	43,96
26	11,03	1,190	46,08	108,10	151,54	43,44
28	11,63	1,183	48,54	108,75	151,65	42,90
30	12,26	1,176	51,55	109,44	151,78	42,34
32	12,92	1,167	54,34	110,10	151,87	41,77
34	13,60	1,158	57,47	110,77	151,97	41,20
36	14,30	1,150	60,61	111,43	152,03	40,60
38	15,02	1,141	64,10	112,10	152,07	39,97
40	15,79	1,132	67,57	112,77	152,12	39,35
46	18,23	1,105	79,37	114,82	152,26	37,44
50	20,03	1,084	88,50	116,23	152,33	36,10

Приложение 3

Параметры насыщенных паров аммиака

Температура, °С	Абсолютное давление, кг/см²	Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования, ккал/кг
		жидкости, кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг	
—50	0,4168	0,7020	0,3812	46,3	384,1	337,8
—48	0,4686	0,6996	0,425	48,4	384,9	336,6
—46	0,5256	0,6972	0,473	50,4	385,7	335,3
—44	0,5882	0,6948	0,526	52,5	386,5	334,0
—42	0,6568	0,6924	0,583	54,6	387,3	332,7
—40	0,7318	0,6900	0,645	56,8	388,1	331,3
—38	0,8137	0,6875	0,712	58,88	388,88	329,99
—36	0,9028	0,6851	0,785	61,01	389,65	328,63
—34	0,9999	0,6826	0,863	63,15	390,41	327,26
—32	1,1052	0,6801	0,948	65,28	391,17	325,88
—30	1,2190	0,6777	1,038	67,42	391,91	324,49
—28	1,342	0,6752	1,136	69,56	392,64	323,08
—26	1,475	0,6726	1,242	71,71	393,36	321,66
—24	1,619	0,6701	1,354	73,86	394,07	320,22

Продолжение

Температура, °С	Абсолютное давление, кг/см²	Плотность		Энтальпия		Теплота парообразования, ккал/кг
		жидкости, кг/л	пара, кг/м³	жидкости, ккал/кг	пара, ккал/кг	
—22	1,774	0,6676	1,474	76,01	394,77	318,76
—20	1,940	0,6650	1,604	78,17	395,46	317,29
—18	2,117	0,6624	1,742	80,33	396,13	315,80
—16	2,309	0,6598	1,889	82,50	396,79	314,29
—14	2,514	0,6572	2,046	84,68	397,44	312,76
—12	2,732	0,6546	2,213	86,85	398,06	311,21
—10	2,966	0,6520	2,390	89,03	398,67	309,64
—8	3,216	0,6493	2,579	91,21	399,27	308,06
—6	3,481	0,6467	2,779	93,40	399,85	306,45
—4	3,761	0,6440	2,991	95,59	400,42	304,83
—2	4,060	0,6413	3,216	97,79	400,98	303,19
0	4,379	0,6386	3,452	100,00	401,52	301,52
2	4,716	0,6358	3,703	102,21	402,04	299,84
4	5,073	0,6331	3,969	104,43	402,55	298,13
6	5,450	0,6303	4,250	106,65	403,04	296,39
8	5,849	0,6275	4,546	108,87	403,50	294,63
10	6,271	0,6247	4,859	111,11	403,95	292,84
12	6,715	0,6218	5,189	113,35	404,38	291,03
14	7,183	0,6190	5,537	115,59	404,79	289,20
16	7,677	0,6161	5,904	117,85	405,19	287,34
18	8,196	0,6132	6,289	120,11	405,57	285,46
20	8,741	0,6103	6,694	122,38	405,93	283,55
22	9,314	0,6073	7,119	124,66	406,27	281,61
24	9,915	0,6043	7,564	126,94	406,59	279,65
26	10,544	0,6013	8,031	129,24	406,89	277,66
28	11,201	0,5983	8,521	131,54	407,17	275,64
30	11,895	0,5952	9,034	133,84	407,43	273,59
32	12,617	0,5921	9,573	136,16	407,67	271,50
34	13,374	0,5890	10,138	138,48	407,88	269,39
36	14,165	0,5859	10,731	140,82	408,06	267,24
38	14,990	0,5827	11,353	143,16	408,23	265,06
40	15,850	0,5795	12,005	145,52	408,37	262,85
42	16,747	0,5762	12,69	147,88	408,49	260,60
44	17,682	0,5729	13,40	150,24	408,58	258,33
46	18,658	0,5696	14,15	152,62	408,64	256,02
48	19,673	0,5663	14,94	155,00	408,68	253,67
50	20,727	0,5628	15,75	157,38	408,72	251,34

Теоретическая объемная холодопроиз

Температура кипения, °С	Теоретическая объемная холодопроизводительность (в ккал/м³)				
	—20	—15	—10	—5	0
—50	92,19	89,41	86,61	83,78	80,90
—45	118,4	114,9	111,4	107,8	104,2
—40	150,4	146,0	141,6	137,1	132,6
—35	189,1	183,6	178,2	172,6	167,0
—30	234,9	228,3	221,6	214,8	207,9
—27,5	260,6	253,3	245,9	238,5	230,9
—25	289,1	281,1	273,0	264,8	256,4
—22,5	319,9	311,1	302,1	293,2	284,0
—20	352,8	343,2	333,4	323,6	313,6
—17,5	—	378,6	368,0	357,2	346,2
—15	—	416,1	440,4	392,7	380,7
—12,5	—	—	444,5	431,6	418,6
—10	—	—	487,5	473,5	459,3
—7,5	—	—	—	518,1	502,6
—5	—	—	—	—	—
—2,5	—	—	—	—	—
0	—	—	—	—	—

Теоретическая объемная холо

Температура кипения, °С	Теоретическая объемная холодопроизводительность (в ккал/м³)					
	—30	—25	—20	—15	—10	—5
—80	27,3	26,5	25,8	25,0	24,2	23,5
—70	52,8	51,3	49,9	48,5	47,1	45,6
—60	94,9	92,4	89,9	87,4	84,9	82,4
—50	161	157	153	149	144	140
—40	260	253	247	240	234	227
—35	326	318	310	302	294	285
—30	403	393	383	373	363	353
—25	—	478	466	454	442	430
—20	—	—	568	554	539	525
—15	—	—	—	667	650	633
—10	—	—	—	—	783	762
—5	—	—	—	—	—	908
0	—	—	—	—	—	—
5	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—
25	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—

водительность фреона-12

Приложение 4

при температуре перед регулирующим вентилем, °С

5	10	15	20	25	30
78,00	75,0	72,0	69,0	65,9	62,8
100,5	96,8	93,0	89,1	85,2	81,3
128,0	123,3	118,6	113,8	108,9	104,0
161,3	155,5	149,7	143,7	137,8	131,7
201,0	193,9	186,7	179,5	172,2	164,7
233,3	215,7	207,8	199,8	191,7	183,5
248,0	239,4	230,7	221,9	213,1	204,1
274,8	265,1	255,6	245,9	236,2	226,3
303,4	293,1	282,7	272,1	261,4	250,6
335,1	323,6	312,2	300,6	288,9	277,1
368,6	356,4	343,9	331,2	318,5	305,6
405,4	391,7	378,0	364,3	350,4	336,3
444,9	430,2	415,3	400,4	385,3	369,9
487,1	471,0	455,2	438,6	422,2	405,5
531,8	515,0	497,5	479,9	462,1	444,0
581,4	562,3	543,3	524,2	505,0	485,4
632,6	612,8	592,4	571,7	550,9	529,7

Приложение 5

допроизводительность фреона-22

при температуре перед регулирующим вентилем, °С

0	5	10	15	20	25	30
22,7	21,8	21,0	20,1	19,2	18,3	17,4
44,1	42,5	41,0	39,3	37,6	35,8	34,1
79,8	77,0	74,2	71,2	68,3	65,2	62,1
136	131	127	122	117	112	107
221	213	205	198	190	182	174
277	268	259	249	240	230	220
343	331	320	309	297	285	273
418	405	391	377	363	348	334
510	494	477	461	444	426	408
615	596	577	556	536	515	494
741	718	695	671	647	621	596
883	856	829	801	773	742	713
1049	1013	986	953	919	884	849
—	1201	1164	1125	1086	1045	1004
—	—	1369	1324	1278	1230	1183
—	—	—	1551	1499	1442	1388
—	—	—	—	1744	1679	1616
—	—	—	—	—	1949	1876
—	—	—	—	—	—	2182
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—

Теоретическая объемная холодопроизводительность аммиака

Температура кипения, °С	Теоретическая объемная холодопроизводительность (в ккал/м³) при температуре перед регулирующим вентилем, °С				
	—20	—15	—10	—5	0
—50	116,6	114,6	112,5	110,4	108,3
—47,5	134,0	131,6	129,2	126,8	124,4
—45	153,8	151,1	148,4	145,7	142,9
—42,5	175,4	172,3	169,2	166,1	163,0
—40	200,0	196,5	192,9	189,4	185,9
—37,5	226,8	222,8	218,8	214,8	210,8
—35	256,7	252,2	247,7	243,2	238,7
—32,5	289,4	284,4	279,4	274,3	269,2
—30	325,8	320,2	314,5	308,8	303,1
—27,5	365,5	359,2	352,9	346,5	340,1
—25	409,2	402,1	395,1	388,0	380,9
—22,5	456,7	448,9	441,0	433,1	425,2
—20	508,8	500,1	491,4	482,6	473,8
—17,5	—	555,7	546,0	536,3	526,5
—15	—	616,3	605,6	594,9	584,1
—12,5	—	—	670,0	658,1	646,2
—10	—	—	740,1	727,0	713,8
—7,5	—	—	—	801,0	786,6
—5	—	—	—	881,1	865,2
—2,5	—	—	—	—	947,1
0	—	—	—	—	1040,8

при температуре перед регулирующим вентилем, °С

Температура кипения, °С	5	10	15	20	25	30
—50	106,2	104,1	101,0	99,8	97,6	95,4
—47,5	122,2	119,6	117,2	114,7	112,2	109,7
—45	140,1	137,3	134,4	131,5	128,6	125,7
—42,5	159,9	156,8	153,6	150,4	147,1	143,8
—40	182,3	178,7	175,1	171,4	167,7	164,0
—37,5	206,8	202,8	198,8	194,6	190,4	186,2
—35	234,1	229,5	224,9	220,3	215,6	210,8
—32,5	264,1	259,0	253,8	248,6	243,4	238,1
—30	297,4	291,6	285,8	279,9	274,0	268,0
—27,5	333,7	327,3	320,8	314,2	307,6	300,9
—25	363,7	366,4	359,2	351,8	344,4	337,0
—22,5	417,2	409,2	401,2	393,0	384,7	376,4
—20	464,9	456,0	447,0	437,9	428,8	419,5
—17,5	516,7	506,9	496,9	486,9	476,8	466,5
—15	573,2	562,1	551,2	540,1	528,9	517,6
—12,5	634,3	622,3	610,1	597,8	585,5	573,0
—10	700,6	687,3	673,9	660,3	646,7	633,0
—7,5	772,0	757,4	742,6	727,8	712,8	697,8
—5	849,2	833,2	817,0	800,7	784,2	767,7
—2,5	930,3	913,2	896,2	878,8	861,0	843,0
0	1021,7	1002,5	983,1	963,5	943,8	924,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Аветисова Л. С. Холодильное оборудование. М., Госторгиздат, 1963, 199 с.

Вейнберг Б. С. Поршневые компрессоры холодильных машин. М., «Машиностроение», 1965, 343 с.

Гельфер Я. М. Что такое теплота. М., «Энергия», 1968, 128 с.

Гоголин А. А. Кондиционирование воздуха в предприятиях торговли и общественного питания. М., Госторгиздат, 1962, 117 с.

Зеликовский И. Х., Каплан Л. Г. Справочник по малым холодильным машинам и установкам. М., «Пищевая промышленность», 1968, 320 с.

Зеликовский И. Х., Элькин И. А. Герметичные холодильные машины. М., Госторгиздат, 1961, 190 с.

Ильин Е. В., Мальгина Е. В., Аршанский Я. Н. Холодильные машины и установки. М., «Пищевая промышленность», 1964, 552 с.

Иоффе Д. М., Якобсон В. Б. Малые холодильные машины и торговое холодильное оборудование. М., Госторгиздат, 1961, 304 с.

Канторович В. И., Явнель Б. К. Устройство, монтаж и ремонт холодильных установок. М., Госторгиздат, 1963, 416 с.

Канторович В. И. Основы автоматизации холодильных установок. М., «Пищевая промышленность», 1968, 320 с.

Каплан Л. Г. Ремонт приборов автоматики холодильных установок. М., «Пищевая промышленность», 1964, 104 с.

Каплан Л. Г., Петрухин Ю. Н. Ремонт малых фреоновых холодильных машин. М., «Экономика», 1964, 104 с.

Комаров Н. С. Справочник холодильщика. М. Машгиз, 1962, 694 с.

Кондрашева Н. Г., Лагутина Н. Г. Холодильные компрессорные машины и установки. М., «Высшая школа», 1966, 507 с.

Кочетков Н. Д. Холодильная техника. М., «Машиностроение», 1966, 326 с.

Мельцер М. З. Смазка фреоновых холодильных машин. М., «Пищевая промышленность», 1969, 134 с.

Мещеряков Ф. Е. Основы холодильной техники. М., Госторгиздат, 1960, 375 с.

Недельский Г. В. Ремонт торгово-технологического оборудования. М., Госторгиздат, 1963, 287 с.

Покровский Н. К. Холодильные машины и установки. М., «Пищевая промышленность», 1969, 324 с.

Розенфельд Л. М., Ткачев А. Г. Холодильные машины и аппараты. М., Госторгиздат, 1960, 584 с.

Рубинович Л. Д. Изготовление и монтаж трубопроводов и охлаждающих приборов холодильных установок. М., «Пищевая промышленность», 1970, Изд. 2-е, перераб. и доп., 416 с.

Чупахин Н. Н. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок. М., «Пищевая промышленность», 1968, 308 с.

Холодильные машины и аппараты. Каталог-справочник, части 1, 2, 3. М., Цинтихимнефтемаш, 1970—1971.

Холодильная техника. Энциклопедический справочник. В 3-х т. Т. 1—3. М., Госторгиздат, 1960—1962.

Яковлев Н. В. Эксплуатация холодильных установок. М., Госторгиздат, 1962, 147 с.

УСТРОЙСТВО, МОНТАЖ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Рекомендовано в качестве учебника для курсов подготовки слесарей по монтажу, ремонту и техническому обслуживанию холодильных установок в системе Министерства торговли

Москва
ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ
1973

УДК 621.56.004(075.6)

Рецензенты Л. И. Корсунский, В. П. Харитонов

Спецредактор В. П. Харитонов

Г $\frac{0337-074}{044(01)-73}$ 74-73

Илья Менделеевич Гиль, Юрий Александрович Гринников, Вадим Израилевич Канторович, Виктор Григорьевич Мухин

Устройство, монтаж, техническое обслуживание и ремонт холодильных установок

Редактор С. М. Зябрева
Худож. редактор С. Р. Нак
Техн. редактор Г. Г. Хацкевич
Корректор В. Б. Грачева

Т-01372. Сдано в набор 12/X 1972 г. Подписано к печати 30/I 1973 г. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типограф. № 2. Печ. л. 14,5=24,36 усл. п. л. Уч.-изд. л. 25,69. Тираж 84 000 экз. Цена 70 коп. Зак. 685

Издательство «ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»
113035, Москва, Ж-35, 1-й Кадашевский пер., д. 12

Ярославский полиграфкомбинат «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ярославль, ул. Свободы, 97.