УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ВУЗОВ

ВУЗ

А. А. Полевой

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Рекомендуется для студентов вузов, обучающихся по специальности «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование» и «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (в холодоснабжении)»

ПОЛИТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
Санкт-Петербург 2005

УДК 621.3.035.9
ББК 31.392
П49

Рецензент: А. В. Бараненко, ректор Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий, доктор технических наук, профессор; С. А. Сосунов, доцент Санкт-Петербургского университета низкотемпературных и пищевых технологий, кандидат технических наук.

Полевой А. А.

П49 Монтаж холодильных установок: Учеб. пособие для вузов. — СПб.: Политехника, 2005. — 259 с.: ил.

ISBN 5-7325-0812-0

В книге последовательно описаны процессы монтажа и пусконаладочных работ для холодильной техники. Приведен перечень инструмента, применяемого для этих целей, и методы работы с ним. Предназначена для студентов старших курсов «холодильных» вузов, молодых инженеров и монтажников холодильного оборудования.

УДК 621.3.035.9
ББК 31.392

ISBN 5-7325-0812-0

© А. А. Полевой, 2005

Если какая-нибудь неприятность может произойти — она случается.

Закон Мэрфи

ВВЕДЕНИЕ

Монтаж холодильных установок включает множество моментов, которые не отражены в курсах специальных дисциплин, преподаваемых в высших и средних специальных учебных заведениях. Выпускники не получают необходимых сведений по требованиям к монтажу, пользованию различными приспособлениями, правилам установки оборудования и приборов КИПиА. Зачастую из-за незнания специфики нового оборудования, инструмента, особенностей современной теплоизоляции и достижений в области микропроцессорной техники холодильные установки строятся по устаревшим схемам и с излишними затратами. Холодильное оборудование изменилось за последнее время незначительно, тогда как системы защиты, управления и регулирования стали намного разнообразнее по техническим решениям. Инструмент для монтажа в настоящее время гораздо более механизирован и многофункционален, в связи с запрещением ряда холодильных агентов появились их аналоги, требующие особого обращения.

Все перечисленные причины подвигли автора к написанию этой книги. Прежде всего, она должна отразить весь процесс монтажа холодильных установок — от момента подготовки к монтажу до пусконаладочных работ. Автор надеется, что в этой книге новое и полезное для себя найдут не только студенты и молодые инженеры, но и опытные монтажники, желающие применять в своей работе самое современное оборудование и материалы.

Даже маленькая практика стоит большой теории.

Закон Букера

Глава 1

ПОДГОТОВКА К МОНТАЖУ

В этой главе говорится о подготовительном этапе монтажа, очень важном, потому как каждый объект имеет свои особенности и при подготовке можно предусмотреть предстоящие трудности. Ниже перечислены основные моменты, заслуживающие внимания.

1.1. РАБОТА С ДОКУМЕНТАЦИЕЙ И ЗАКАЗЧИКОМ

Прежде всего следует изучить проектные чертежи либо типовые схемы, по которым планируется собирать холодильную установку. Не только начальник объекта, бригадиры, но и рядовые монтажники должны ознакомиться с принципиальной схемой, функциональной схемой автоматизации, монтажными чертежами и пояснительной запиской. Схему автоматизации, даже если монтаж приборов КИПиА ведет специализированная бригада, рекомендуется рассматривать и холодильщикам, так как именно им придется врезать в трубопроводы отборные устройства (бобышки) для приборов автоматизации. Особое внимание следует уделить пояснительным надписям на чертежах, приводимым в нижней правой части чертежа. Необходимо при монтаже крупного объекта учесть трассировки, разводки трубопроводов канализации, воздуховодов вентиляции, отметить на чертежах места возможных несоответствий и внести изменения до начала монтажа. В случае, если проект выполнен на иностранном языке, обычно немецком либо английском, в штат надо включить специалиста, знающего язык, а комплект чертежей дополнить техническим словарем.

От поставщиков оборудования необходимо получить руководства по монтажу и желательно по эксплуатации, что будет полезно при пусконаладочных работах. В инструкциях заводов-изготовителей приводятся типовые схемы подключения трубопроводов и электрических кабелей, устано-

вочные размеры оборудования, требования к фундаментным, крепежным болтам и виброопорам, оговорены расстояния до стен, деревьев, направление ветра. Рабочих следует ознакомить с инструкциями по монтажу теплоизоляции, разработанными фирмами-изготовителями, так как при внешней схожести теплоизоляция имеет разные основы, способы герметизации стыков, материалы и инструменты для ее монтажа. Информация по всему устанавливаемому оборудованию, касающаяся особенностей его монтажа, должна быть собрана в отдельную папку. Так отпадает необходимость иметь на объекте десятки каталогов и копий, заполненных лишней в данном случае информацией.

В случае, если оборудование и материалы уже завезены на монтируемый объект, необходимо проверить соответствие количества поставленного оборудования спецификации оборудования изделий и материалов (заказная спецификация). Особое внимание следует обратить на наличие крупных пилотных вентилей, ТРВ, соленоидных вентилей, поплавковых регуляторов, так как срок их поставки, в случае недостачи, превышает обычно три месяца. Необходимо проверить наличие тепловой изоляции по ведомости изоляционных работ и спецификации оборудования изделий и материалов. При монтаже объекта в городах и поселках, не имеющих развитой сети торговли трубопроводами, метизом, кабельной продукцией, инструментом, нужно проверить эти позиции в прилагаемой документации и при недостатке дозаказать недостающее количество. Зачастую работы затягиваются из-за отсутствия саморезов или винтов, и холодильщику следует помнить, что в монтаже не бывает мелочей.

До начала работ начальник объекта, бригадир и по возможности монтажники должны посетить место монтажа. Там следует в зависимости от величины и особенностей предприятия провести встречи с техническим директором, главным инженером, главным механиком, главным энергетиком, начальником холодильной службы и строителем. Руководство предприятия выскажет свои требования к монтажу, монтажники осветят особенности предстоящих работ, неясных Заказчику. Следует оговорить получение пропуска на территорию предприятия, разрешения на сварочные работы, пайку. У главного энергетика необходимо узнать места запитывания инструмента с электроприводом и сварочных аппаратов. Если предприятие имеет мастерские, нужно согласовать с руководством возможность пользования ими.

Затем необходимо посетить место монтажа. Осмотру должны подвергнуться строительные и металлоконструкции, покрытия крыши и пола. В случае монтажа небольших установок, когда проект детально не проработан, следует наметить места крепления и прокладки трубопроводов и кабелей, места прохода их сквозь стены, места установки оборудования и согласовать их с Заказчиком. При монтаже крупногабаритного оборудования необходимо оговорить места подъезда кранов, погрузчиков и наличие этих механизмов на объекте. Следует получить помещения под раздевалку монтажников, для хранения инструментов и оборудования, проработать вопрос питания бригад, наличия санузлов и медпункта.

Если ничто другое не помогает, прочтите, наконец, инструкцию.

Аксиома Кана

1.2. ИНСТРУМЕНТ

Холодильщики из-за специфики своего оборудования используют для монтажа весьма разнообразный инструмент, так как при монтаже малых холодильных установок зачастую один и тот же специалист производит установку оборудования, пайку трубопроводов, присоединение электрокабелей, заправку системы и пусконаладочные работы.

Монтажный инструмент холодильщика можно разделить на несколько больших групп: ручной инструмент общего назначения, инструмент с электрическим приводом, паечное оборудование, специнструмент, электромонтажное, сварочное.

1.2.1. РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ножи (рис. 1.1). Нож является наиболее универсальным инструментом в арсенале холодильщика, им разрезают кислородные шланги, режут тепловую изоляцию, снимают залипшие прокладки, его можно использовать вместо шабера и т. д. Лучше иметь несколько ножей: монтажный

нож, с пластиковой ручкой и ножнами, канцелярский нож со сменными лезвиями для резки изоляции, но можно использовать и универсальные, типа швейцарского офицерского ножа или ножа-трансформера, в котором есть плоскогубцы, а зачастую и разводной ключ. В комплект также следует добавить брусок для заточки инструмента.

Рис. 1.1. Канцелярский нож

Отвертки. Набор отверток должен включать в себя не менее трех крестовых и трех шлицевых отверток различных размеров: самые малые отвертки — для винтов, закрепляющих кабели в щитах и клеммных коробках оборудования, крупные как силовые — при вкручивании саморезов и т. д. Универсальные отвертки, имеющие сменные наконечники, также можно применять, особенно удобны такие отвертки с магнитным фиксатором. Иногда, очень редко, встречаются нестандартные шлицы в форме, например, звездочек, треугольников (обычно на азиатской технике), поэтому следует знать, что они существуют и есть отвертки с соответствующими наконечниками.

Плоскогубцы, круглогубцы, утконосы и бокорезы. Мощные силовые плоскогубцы (рис. 1.2) применяют для обжимки, поддержки раскаленных труб при пайке, даже, в крайнем случае, для отвинчивания гаек, перекусывании гвоздей и проволоки. Большие бокорезы применяют для обкусывания кабелей небольшого поперечного сечения. Отдельно следует отметить набор инструмента для работы в электрощите — маленькие бокорезы, утконосы и круглогубцы. Этот набор должен находиться отдельно от силовых и применяться только для работы с внутрищитовыми кабелями площадью сечения не более 2,5 мм^2.

Рис. 1.2. Плоскогубцы

Ключи гаечные. Ключей в инструментарии холодильщика должно быть много. Рожковые ключи требуются от самого малого номера (для клеммных коробок компрессоров) до 32-го номера. Ключи больше 32-го номера понадобятся лишь на крупном оборудовании для опорных болтов и накидных

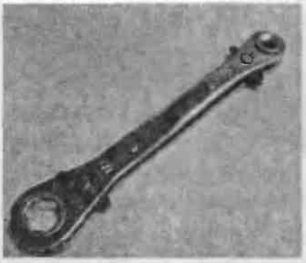


Рис. 1.3. Ключи с храповым механизмом

гаек на всасывании и нагнетании компрессоров. Не рекомендуется применять, но широко используются, разводные и газовые ключи; они имеют недостаток — срезают углы на головках болтов и гайках. Торцевые ключи желательно использовать не из автомобильных наборов, так как в холодильной технике головки болтов труднодоступны и автомобильный инструмент из-за своей громоздкости не применим. Торцевые ключи пригодятся при работе с компрессором, где каждая крышка крепится на множестве винтов, особенно удобны ключи с храповым механизмом (рис. 1.3). Шестигранные ключи могут понадобиться при работе с оборудованием и арматурой, многие заводы-изготовители используют винты с внутренним шестигранником. Практически все клеммные соединения в компрессорах выполнены на таких винтах. Для настройки ТРВ российского производства используют специальные ключи в виде двузубой вилки, европейские производители предпочитают четырехугольный шток и соответственно ключ с квадратным отверстием.

Напильники, шаберы, надфили, шкурки. Достаточно в наборе иметь два бархатных напильника: треугольный и круглый. Заточив кончик треугольного, можно получить шабер, которым зачищают заусенцы на медной трубе, остающиеся после резки труборезом. Шабер имеет три режущие кромки, его вставляют в трубу и, прокручивая, снимают заусенцы. Конструкции шаберов различаются (рис. 1.4), но все предназначены для снятия заусенцев. Круглый напильник пригодится для снятия окалины и заусенцев на

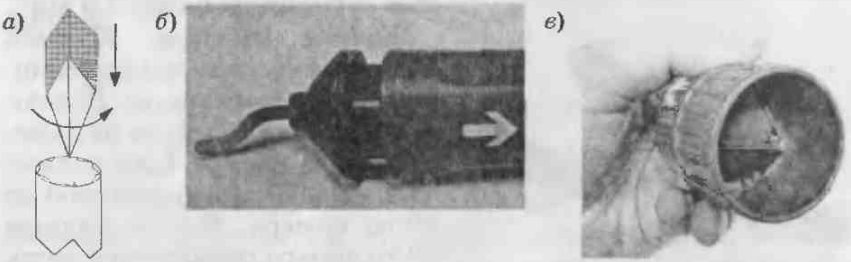


Рис. 1.4. Шаберы: *а* — схема использования треугольного шабера; *б* и *в* — различные конструкции шаберов

стальной трубе после резки газом либо отрезной машиной. Набор надфилей нужен при работах по восстановлению резьбы, когда нет возможности восстановить ее плашкой.

Рис. 1.5. Ножовка по металлу

Ножовки по металлу (рис. 1.5). Применяют для резки труб, металлопроката. Ножовку в зависимости от вида монтажа можно применять либо стандартную, либо малую.

Молотки. Молоток редко требуется холодильщику, в основном при работе со стальными трубами для грубого отбивания окалины и выравнивания торца.

Рулетки, уровни. Рулетка, при работе с медными трубами рекомендуется не более 5 м длиной, она очень компактна. Для работы со стальными трубами длиной 20 м такая рулетка весит около 300 г и весьма громоздка. Уровень длиной не менее 400 мм необходим при укладке горизонтальных трубопроводов, так как все холодильные трубы монтируются с уклонами. Современные уровни (рис. 1.6) имеют лазерный луч, облегчающий работу с длинномерными трубопроводами.

Пистолет для герметика (рис. 1.7). Требуется лишь при герметизации отверстий в стенах, разрывов в изоляции, когда баллон с герметиком или монтажной пеной не приспособлен для самоопорожнения. Баллон вставляется в гнездо пистолета, при этом в дно баллона упирается шток. Нажимая на курок, монтажник выдавливает штоком дно баллона и из наконечника вытекает герметик.

Инструменты для обжимки кабеля (рис. 1.8). Инструменты для обжимки кабельных наконечников бывают гидравлические и силовые. Гидравлические весьма удобны при обжимке наконечников кабелей, питающих электродвигатели крупных винтовых и поршневых компрессоров, когда площадь сечения кабеля 120 мм^2 и более. Крупные силовые

Рис. 1.6. Лазерный уровень «Ridgid»

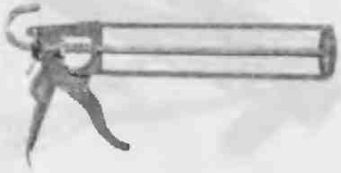


Рис. 1.7. Пистолет для герметика

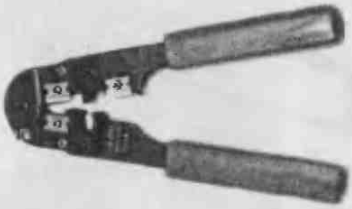


Рис. 1.8. Инструмент для обжимки кабеля

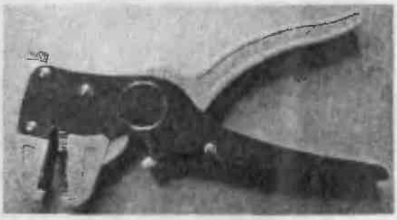


Рис. 1.9. Инструмент для зачистки кабеля

применяют для того же, что и гидравлические, малые обжимки — для цилиндрических наконечников, надеваемых на концы многожильных кабелей.

Инструменты для зачистки кабеля (рис. 1.9). Обычно конец кабеля зачищают ножом либо бокорезами, но есть специальные инструменты для зачистки, самонастраивающиеся и с калиброванными отверстиями для каждого сечения кабеля. Их применение целесообразно до кабеля с сечением площадью 6 мм^2. Конец кабеля вставляют в отверстие соответствующего диаметра и сжимают инструмент, затем, не отпуская рукоятей, тянут инструмент, тем самым срезая изоляцию на конце кабеля.

Заклепочники (рис. 1.10). Тяговый заклепочник со сменными насадками для заклепок различных диаметра и длины необходим для неразъемного соединения металлических пластин. В основном применяется при обшивке холодильных камер и изолированных труб листами алюминия или оцинкованного железа. Заклепка хвостовиком вставляется в насадку заклепочника, при этом рукояти инструмента максимально разведены, затем рабочей частью вставляется в отверстие в соединяемых деталях и рукояти сводятся. При сведении рукоятей хвостовик заклепки отрывается, на деталях остается сформированное заклепочное соединение, при соответствующем диаметре алюминиевой заклепки имеющее высокую надежность.

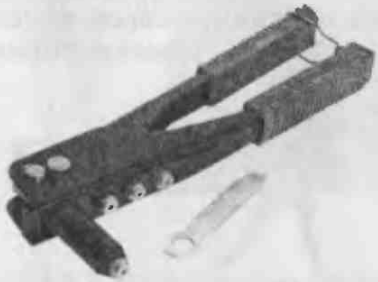


Рис. 1.10. Заклепочник

Набор резьбомеров, плашек и метчиков (рис. 1.11). Резьбомеры на дюймовую, трубную и метрическую резьбу требуются холодильщику для выдачи задания токарю на изготовле-

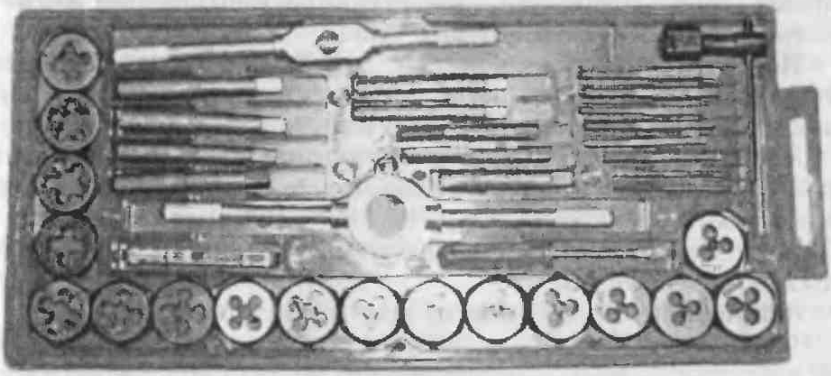


Рис. 1.11. Набор резьбомеров, плашек и метчиков

ние присоединительных бобышек и переходов, потому как резьбы на штуцерах оборудования и приборов КИПиА бывают самыми разнообразными, подчас экзотическими. Если подобрать резьбу по резьбомеру не удается, что нередко случается, следует сделать оттиск на бумаге или обеспечить токаря образцом резьбы. Плашками и метчиками в условиях монтажа можно восстановить поврежденную резьбу на приборе или агрегате, нарезать резьбу для временной заглушки или в отверстии.

Штангенциркули, колумбусы (рис. 1.12). Применяются для измерения диаметров и толщины стенок труб, работы с резьбами.

Строительные пистолеты. Применяются для закрепления жестяных коробов и лотков при раскладке электрического кабеля, различного металлопроката, стальной дюбель выстреливается при этом пороховым зарядом. При современном уровне применения ударных дрелей, перфораторов и доступности метиза рекомендуется воздерживаться от применения строительного пистолета как небезопасного,

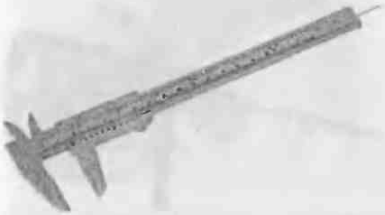


Рис. 1.12. Колумбус

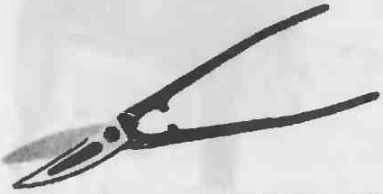


Рис. 1.13. Ножницы по металлу

кроме того, соединения, полученные с его помощью, неразъемные и не слишком надежные.

Ножницы по металлу (рис. 1.13). Требуются для работы с алюминиевым и оцинкованным листом при обшивке холодильных камер, изготовлении коробов.

Маркеры. Спиртовой маркер черного цвета используют для разметки светлых поверхностей (алюминиевые листы, оцинкованные короба).

Мел. Используется для разметки стальных труб и темных поверхностей.

Зажигалки. Используются для зажигания горелок.

1.2.2. ИНСТРУМЕНТ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Дрели, ударные дрели. Инструмент служит для сверления отверстий в металле, кирпиче и бетоне диаметром до 13 мм (под крепежные болты оборудования и хомутов); для сверления в бетоне используют победитовые или алмазные сверла. Желательно иметь дрель с самозажимным патроном и реверсом (рис. 1.14). Самозажимные патроны следует регулярно смазывать, иначе они выходят из строя. Реверс нужен для упрощения вынимания сверла из глубоких отверстий. В комплект к дрели дополнительно надо включить набор сверл по металлу диаметром 4–12 мм, набор сверл и буров (рабочая длина 250 мм) по бетону диаметром 6–13 мм. Потребляемая мощность 600–800 Вт, 220 В.

Перфораторы-бетоноломы (рис. 1.15). Используются для сверления отверстий в бетоне и кирпиче диаметром до 125 мм (полой коронкой) и глубиной до 1000 мм, пробивания отверстий и проемов. Бур перфоратора можно заменить на долото и использовать в качестве отбойного молотка. Буры

Рис. 1.14. Дрель «Bosch»

Рис. 1.15. Перфоратор «Bosch»

бывают диаметром от 5 (рабочая длина 50 мм) до 40 мм (рабочая длина 920 мм), коронки с твердосплавными напайками — диаметром от 40 (рабочая длина 670 мм) до 125 мм (рабочая длина 670 мм). Долото и один бур, как правило, входят в комплект перфоратора.

При работе со столь мощным инструментом следует помнить, что бур может заклинить в отверстии и рабочего может в буквальном смысле намотать на перфоратор. При работе бур следует охлаждать водой, так как рабочая часть бура может оплавиться.

В бетоне часто встречается арматура, но перфораторы имеют большую мощность на валу, поэтому обычно проход через арматуру практически незаметен. При пробивании отверстий от бетонной крошки следует защищать глаза очками с небьющимися стеклами. Потребляемая мощность 900–2500 Вт, 220 В.

Отрезные машины (рис. 1.16). Имеют абразивный диск, кромкой которого режется или шлифуется металл. Холодильщиками применяется для резки и шлифовки труб как стальных, так и медных, различного металлопроката, обрезки болтов и шпилек. При резке образуется масса искр, глаза и кожу необходимо защищать. Следует соблюдать крайнюю осторожность, так как скорости резания велики, диск достаточно хрупкий, повреждения от отрезной машины бывают очень тяжелыми. Потребляемая мощность 900–2000 Вт, 220 В.

Монтажные пилы с абразивным диском (рис. 1.17). Представляют собой крупную отрезную машину, закрепленную на столе и снабженную тисками для закрепления труб и профиля. Применяются для резки стальных труб до $Д_у$,

Рис. 1.16. Отрезная машина «Bosch»

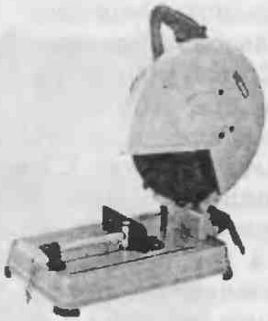


Рис. 1.17. Монтажная пила «Makita»

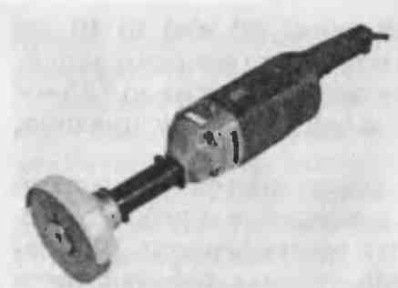


Рис. 1.18. Прямошлифовальная машина «Bosch»

равного 125 мм. Модифицированная монтажная пила, может разрезать трубы до $Д_у$, равного 250 мм. Поворотный стол позволяет разрезать детали под различными углами. Потребляемая мощность монтажной пилы 2200 Вт, 220 В.

Шлифовальные машины. Шлифовальные машины бывают углошлифовальными и прямошлифовальными (рис. 1.18). Углошлифовальная представляет собой уменьшенную копию отрезной, у прямошлифовальной абразивный диск более толстый и расположен перпендикулярно к корпусу, а не вдоль, как у отрезной машины. Применяются для снятия неровностей, заусенцев на торцах труб и удаления окалины со сварных швов. Потребляемая мощность 800–1800 Вт, 220 В.

Паяльники. При использовании многожильных проводов применяются для облуживания концов.

Шуруповерты аккумуляторные (рис. 1.19). Желательно не применять шуруповерты для затяжки винтов и саморезов в холодильной технике из-за малого срока работы аккумуляторов, невысокого усилия затяжки и опасности повреждения шлицов. Удобны для работы со щитом, где особых усилий затяжки не требуется.

Удлинители. При крупном монтаже следует иметь два-три барабанных удлинителя с длиной кабеля не менее 50 м, при небольшом монтаже можно использовать удлинитель длиной 20 м с двумя-тремя розетками, при этом площадь сечения кабеля удлинителя должна быть не менее 1,5 мм^2.

Фонари. Переносной фонарь в форме ручки удобен при работе в труднодоступных и малоосвещенных местах, например при монтаже в щитах.

Рис. 1.19. Шуруповерт аккумуляторный «Bosch»

1.2.3. ПАЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, РЕЗАКИ, ПРИПОЙ И ФЛЮСЫ

Посты паечные (рис. 1.20). Обычно при монтаже холодильных установок применяют посты, использующие смесь пропан-бутана и кислорода как наиболее подходящие по температуре пламени. Пост состоит из горелки, в которой смешиваются пропан-бутан и кислород, подаваемые по шлангам (рукавам) от редукторов, закрепленных на баллонах.

Для пайки необходимо более низкое давление, чем то, с которым поставляются баллоны, и редуктор понижает давление до рабочего давления в горелке. Бытовые пропан-бутановые редукторы РДСГ-1 уже настроены на требуемое давление, регулируемые БПО 5 МГ, БПО 5-4 следует настроить на давление 0,5–1 кгс/см^2; корпус и манометры красного цвета (рис. 1.21). Кислородные редукторы БКО-25-МГ, БКО-50-4, БКО-5-12.5 аналогичны пропановым, но имеют два манометра: один показывает давление в баллоне, другой — после редуктора. В заряженном баллоне давление 100–150 кгс/см^2, а после редуктора — 1,5–5 кгс/см^2. Корпуса редуктора и манометров синего цвета (рис. 1.22). Настройка редуктора осуществляется регулировочным винтом: вывернутый до отказа он закрыт, ввинченный до отказа — полностью открыт, промежуточные положения настроечные, к баллону присоединяется в полностью закрытом состоянии. Редукторы в холодильной технике используются одноступенчатые с предохранительным клапаном. Баллоны для кислорода используются вместимостью 40 (присоединительная резьба 3/4″), 2 и 1 дм^3 (присоединительная резьба 1/2″). Пропановые баллоны более разнообразны: 50, 27,

а)

б)

Рис. 1.20. Оборудование для пайки: *а* — минипост; *б* — набор пайщика (наконечники, насадки, иглы)

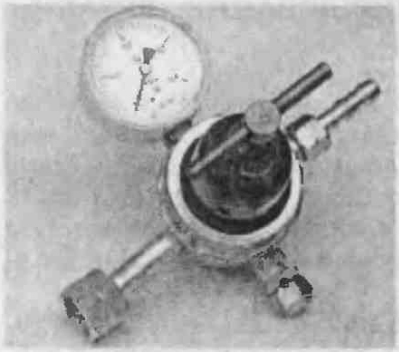


Рис. 1.21. Редуктор для пропана

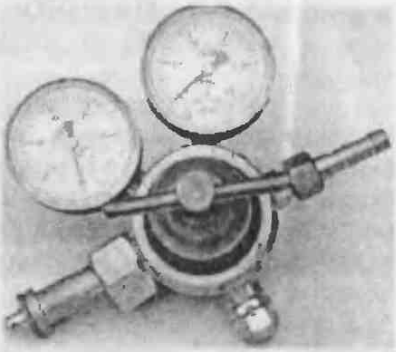


Рис. 1.22. Редуктор для кислорода

12, 5 л (присоединительная резьба 3/4″ либо быстросменное присоединение для бытового редуктора), 1 л (присоединительная резьба М14×1,5). На 1-литровом баллоне можно не применять редуктор. На рис. 1.23 приведена схема паечного поста.

Импортные баллоны окрашивают в различные цвета, отечественные кислородные баллоны — в голубой цвет с черной надписью, пропан-бутановые — в красный с белой надписью. При перевозке во избежание взрыва баллоны располагают поперек направления движения колпаками в одну сторону. Штуцер резьбы кислородного баллона и накидную гайку редуктора предохраняют от попадания масла (при истечении кислорода в контакте с маслом происходит мощный взрыв).

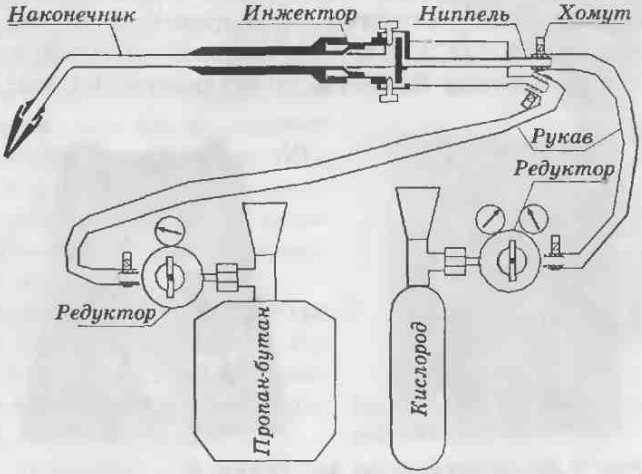


Рис. 1.23. Схема паечного поста

Соединяющие шланги выпускают с внутренним диаметром 9 и 6 мм, ниппели на редукторе и горелке должны иметь соответствующие диаметры. Диаметр стандартной поставки ниппелей на редукторах и горелках 9 мм, но из соображений компактности и снижения массы поста, их заменяют иногда на 6-миллиметровые.

Пропан-бутановые рукава красного цвета, кислородные — голубого, часто применяют черные морозостойкие рукава, на ниппеле рукав закрепляется винтовым хомутом, применение проволоки недопустимо.

Горелки используют инжекторные малой мощности (10–60 дм^3/ч), обычно марок Г2-06, ГЗУ-3, ГЗУ-4, «Звезда», «Урал» с наконечниками, имеющими нагреватели и подогревающие камеры, и без них (от № 0 до № 3) и поставляемыми в комплекте с горелкой. Наиболее универсальным следует признать наконечник № 2, им можно паять медный трубопровод с $Д_у$, равным 6–40 мм. В практике автора наконечником № 3 была успешно произведена пайка стыков медной и стальной труб с $Д_у$ = 100 мм. Наконечники засоряются, поэтому в комплект входят иглы для их прочистки.

Таким постом можно осуществлять пайку стальной, медной трубы, алюминиевых испарителей, стыков латунных и стальных штуцеров с медью. Крупные посты бывают смонтированы на станине с колесами, небольшие посты на переносной раме.

Порядок работы таков: проверить герметичность соединений, открыть вентили на баллонах, проверить настройку редукторов, для зажигания пламени открыть на 1–4 оборота вентиль кислорода, открыть вентиль пропан-бутана и зажечь смесь, по окончании пайки закрыть вначале вентиль пропан-бутана, затем кислорода.

Резаки (рис. 1.24). Резак отличается от горелки тем, что у него есть дополнительный вентиль подачи кислорода, поток которого и разрезает металл, в остальном оборудование аналогично паечному посту.

Распространены универсальные инжекторные резаки РС-311, РС-3П, Р1-01П, Р2-01П, РС-3П, Р3ПС(Д). Они оснащены сменными щелевыми наконечниками, дающими кольцевое пламя от № 0 до № 6. Ниппели поставляются под 9-миллиметровый

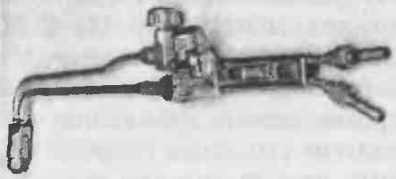


Рис. 1.24. Резак

Рис. 1.25. Факельная пропановая горелка

рукав. В холодильной технике используют резаки малой мощности, разрезающие сталь толщиной 3–100 мм. Для права пользования резаком необходимо пройти соответствующее обучение.

Факельные пропан-бутановые горелки (рис. 1.25). Состоит из пропан-бутанового баллона и горелки, выполненной в виде факела с ручкой пистолетного типа или без нее. В этой горелке нет принудительной подачи кислорода, но факел выполнен таким образом, чтобы подсасывать воздух, повышая температуру горения смеси пропан-бутана до 1600 °С. Горелка, смонтированная на 1-литровом пропан-бутановом баллоне, компактна, но достижение необходимых температур требует большого времени, пламя необходимо прикрывать защитным экраном, который быстро выгорает. Также недостатком является то, что небольшой факельной горелкой можно произвести качественную пайку медной трубы с $Д_у < 20$ мм.

Электролитические газосварочные аппараты «Лига». Холодильщики иногда используют этот аппарат, основанный на разделении дистиллированной воды на смесь водорода и кислорода с последующим их смешением и горением в обычной горелке для пайки. В отличие от паечного поста отпадает необходимость в баллонах, их постоянной заправке и редукторах. Недостатками является большая масса — 19–38 кг (в зависимости от производительности), необходимость подключения к электросети (потребляемая мощность 1500–3000 Вт, 220 В). Можно рекомендовать при работах в городской черте для монтажа малых холодильных установок.

Припои. Латуни Л63 и Л68 (температура плавления 900–940 °С) используют при пайке меди и углеродистых сталей, припои ЛОК 62-06-04, ЛОК 59-1-03 (температура плавления 900–905 °С) на медной основе, содержащие кроме цинка небольшое количество олова и кремния, имеют лучшие технологические свойства и обеспечивают более высо-

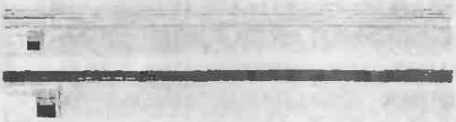


Рис. 1.26. Припой

кую плотность и герметичность шва. Медно-фосфористый припой применяют для пайки меди и латуни, при пайке меди не требуется применение флюса. Выпускают ПФ07(МФОЦ7-3-2), ПМФ7(МФ3), ПМФ9, UNI1000 (температура плавления 700–850 °С). Паяное соединение припоем ПФ00(ПФОЦ7-3-2) работоспособно в интервале температур от минус 70 до 200 °С, недостатком является хрупкость, не рекомендуется для соединений нагнетательных трубопроводов.

Рис. 1.27. Флюс «Refco»

Медно-фосфористые припои с серебром более пластичны и легкоплавки. По содержанию серебра бывают: ПСрФ2-5 — 2–5 % (температура плавления 800–820 °С), UNI1006 — 6 %, ПСрФ15-5, UNI1015 — 15 % (температура плавления 820 °С), ПСр25Ф — 25 % (температура плавления 750 °С). Недостатком является их способность к ликвации и образованию ликвационной пористости, требуют быстрого нагрева. Серебряные припои ПСр45, ПСр62 имеют повышенные теплопроводность, пластичность, прочность, коррозионную стойкость и технологичность, применяются при пайке ответственных соединений меди и стали. Для пайки алюминиевых сплавов применяют припой 35А (температура плавления 525 °С). Все вышеперечисленные припои опробованы при монтажах и хорошо зарекомендовали себя высокой надежностью и герметичностью соединений (рис. 1.26).

Флюсы (рис. 1.27). Медные трубопроводы обычно паяют с флюсом ПВ209, пригодным и для пайки коррозионно-стойких и конструкционных сталей, температурный интервал активности 700–900 °С, фасуется в стеклянные банки, обычно по 200 г. Флюс ПВ284 предназначен для пайки меди и медных сплавов среднеплавкими припоями, коррозионностойких и конструкционных сталей, температурный интервал активности 700–900 °С. Флюс UNI1000, применяют для пайки меди, упаковка по 125 г. Не рекомендуется, но иногда применяется при пайке меди в качестве флюса бура, дающая в пламени горелки яркий ореол, вредный для глаз. При пайке алюминия применяют флюс 34А с температурным интервалом активности 420–620 °С.

1.2.4. СПЕЦИАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Инструменты для бортовки (вальцовки). Инструмент необходим для бортовки медной трубы под накидную гайку. Такое штуцерно-ниппельное соединение применяют для приборов КИПиА и трубопроводной арматуры. Инструмент состоит из разрезной плиты с отверстиями, куда зажимается конец трубы, и П-образного или круглого упора, в котором по резьбе передвигается винт с прикрепленным на конце конусом или трубораширителем. Вначале ослабляют стяжные винты и раздвигают половинки отверстия, вставляют конец трубы в отверстие так, чтобы до ее торца оставалось 2–4 мм (в зависимости от диаметра трубы) и зажимают стяжными винтами. Перед бортовкой не забыть надеть накидную гайку и удалить заусенцы с торца шабером; срез трубы должен быть перпендикулярным, иначе труба порвется при бортовке. Затем устанавливают конус и, смазав его маслом, начинают крутить винт, подающий конус. Конус входит в трубу и отгибает ее края, вдавливая в зенковку отверстия. Винт, которым подается конус, следует крутить до упора. Полученную бортовку проверяют и, если она не идеально круглая или имеет трещину, срезают труборезом и операцию повторяют.

Инструменты для бортовки бывают для дюймовой и метрической трубы, с набором трубораширителей и без него, наборные и состоящие из двух половинок. Обычно исполь-

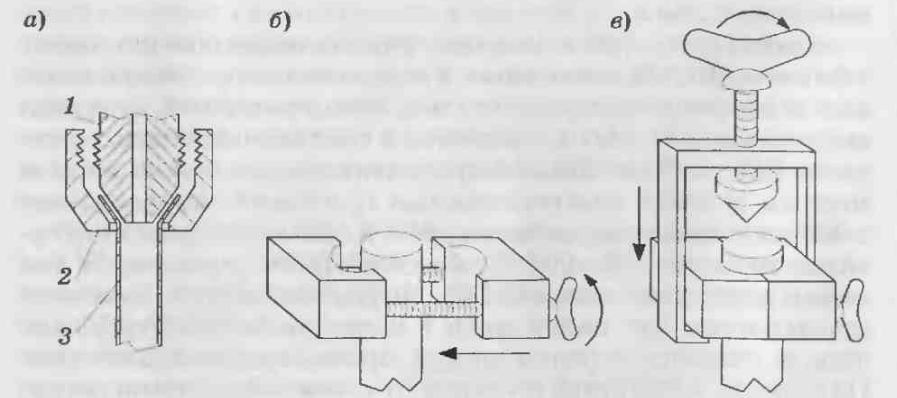


Рис. 1.28. Схема бортования: *а* — схема штуцерного соединения (*1* — ниппель; *2* — накидная гайка; *3* — штуцер, медная труба); *б* — схема закрепления медной трубы в бортовке; *в* — схема подачи конуса для бортовки трубы

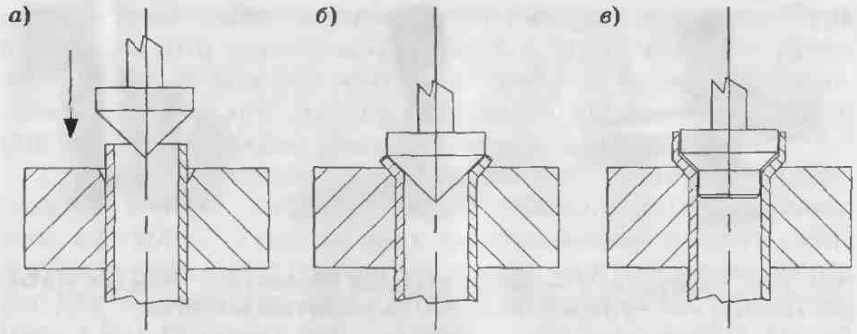


Рис. 1.29. Схема бортования трубы: *а* — начало бортования; *б* — окончание бортования; *в* — использование труборасширителя

зуют метрические трубы и, следовательно, метрические бортовки.

Труборасширители удобны для труб с $Д_у = 6 \div 16$ мм. При отсутствии переходов с диаметра на диаметр порядок работы — как и при бортовке, но свободный конец трубы оставляют несколько длиннее, а труборасширитель, навинчиваемый вместо конуса, имеет форму цилиндра со срезанными краями. Расширение рекомендуется производить только на следующий диаметр.

Наборные инструменты для бортовки надежны, но иногда не имеют труборасширителей; состоящие из двух половинок удобны, но при износе ухудшается качество бортовки. На рис. 1.28 и 1.29 представлены схемы бортования, на рис. 1.30 — набор инструментов для бортовки.

Труборезы. Различают труборезы для стальной, медной и пластиковой труб. Они все состоят из корпуса, внутри которого смонтированы два-три ролика, и круглого ножа.

Порядок реза таков: трубу укладывают на ролики и прижимают ножом, который должен быть заглублен в поверхность трубы не более чем на один оборот винта. Затем труборез вращают на один поворот от себя и на один к себе, заглубляют нож еще на один-два оборота и повторяют эти

Рис. 1.30. Набор инструментов для бортовки «Refco»

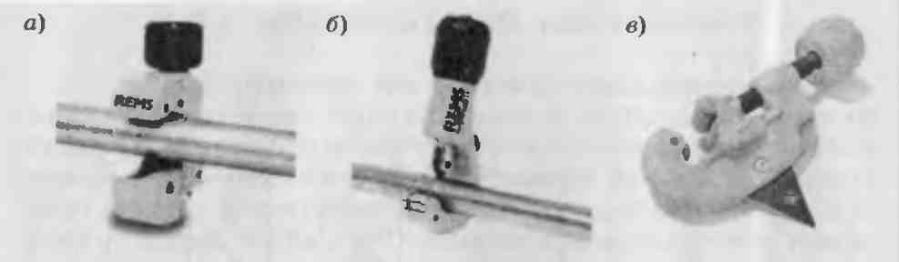


Рис. 1.31. Труборезы: *а* — малый труборез «Rems»; *б* — большой труборез «Rems»; *в* — труборез «Ridgid» с выдвинутым шабером

движения до тех пор, пока труба не будет перерезана. Труборез должен располагаться перпендикулярно к трубе, потому как торец трубы будет впоследствии приварен, припаян или разбортован, а при этом нужен ровный срез.

Труборезы для медной трубы различают малые и большие (рис. 1.31, *а* и *б*); большие могут разрезать трубы с $Д_у = 4 \div 40$ мм, малые — с $Д_у = 4 \div 16$ мм. Труборез для пластиковой трубы бывает только большой, он отличается от трубореза для медной трубы лишь материалом корпуса и ножа — они более слабые. Из особенностей следует отметить наличие запасного ножа в комплекте с труборезом, он находится внутри рукоятки, за которую вращают винт, отдельно запасной нож по стоимости сравним с самим инструментом.

В корпусе трубореза обычно располагается выдвижной шабер (рис. 1.31, *в*), для удаления заусенцев, некоторые модели, особенно для пластиковых труб, оснащены пружинами, позволяющими быстро отвести нож в максимально высокое положение. Труборез для стальной трубы мало распространен при монтаже холодильных предприятий, его иногда целесообразно применять для труб с $Д_у = 16 \div 60$ мм.

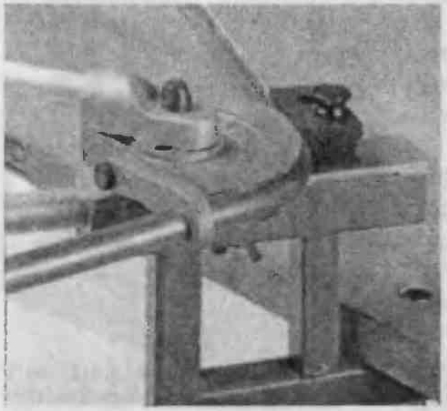


Рис. 1.32. Трубогиб «Ridgid»

Трубогибы (рис. 1.32). Применяются для сгибания медных и стальных труб. Трубогиб для медной трубы имеет диапазон диамет-

ров, которые может изгибать, либо сменные барабаны. Трубу вставляют в полностью раскрытый трубогиб, затем рукояти сводят, и захваты обминают трубу по барабану, имеющему полукруглую выемку в торце. Трубу можно изгибать под разными углами, риски нанесены на барабане.

Трубогиб пружинного типа используют лишь для небольших диаметров, он представляет собой пружину, надеваемую на трубу, — она не дает трубе ломаться в месте гиба. В этом случае трубу сгибают вручную, поэтому диаметр трубы, для которой применим пружинный трубогиб, ограничен (рис. 1.33). Неудобен тем, что может быть использован только на один диаметр трубы и после гибки трубогиб трудно снять с согнутого участка.

Трубогибы для стальных труб гидравлические, и для каждого диаметра используют различные вставки. Желательно в монтаже не применять трубогибы, пользоваться отводами и фитингами, так как труба в месте гиба деформируется, создавая местные напряжения, что впоследствии может привести к разрушению. Кроме того, согнутые участки занимают больше места, чем отводы и фитинги, для работы с трубогибом необходим навык, сальники гидравлических трубогибов практически всех производителей текут.

Вакуумные насосы (рис. 1.34). Создают в системе или баллоне вакуум, отсасывая воздух и другие составляющие. Бывают одно- и трехфазными (в зависимости от производительности). Воздух выбрасывается из трубки, используемой как ручка для переноски, насос снабжен глазком, показывающим уровень масла в нем; на стекло нанесены риски максимального и минимального уровней. Масло для ваку-

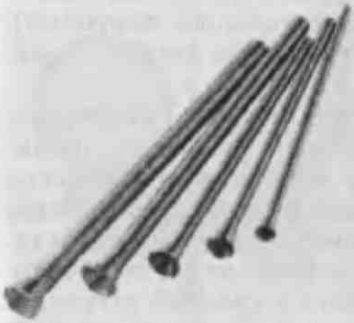


Рис. 1.33. Пружинные трубогибы «Ridgid»

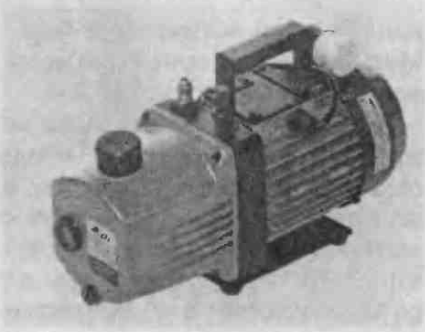


Рис. 1.34. Вакуумный насос ITE

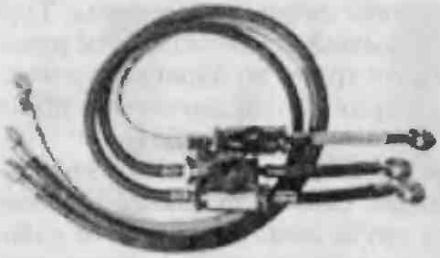


Рис. 1.35. Заправочные шланги с вентилями

умного насоса следует использовать только рекомендуемое заводом-изготовителем.

Шланги. Применяются для заправки системы, временного присоединения манометров, вакуумных насосов и т. д. Российские производители не делают различий в цветах шлангов, они, как правило, черные, европейские и американские производители различают: черный — заправочный, синий — для стороны всасывания, красный — нагнетание, желтый — масло (рис. 1.35).

Баллоны и коллекторы зарубежного производства имеют различные резьбы, и соответственно выпускают шланги с быстро затягивающимися гайками с резинками для каждой резьбы. Обычно шланг имеет один конец с прямой гайкой, второй — для удобства слегка изогнут, так что гайка находится под углом к шлангу. Иногда дополнительно шланг комплектуют шаровым вентилем. Для заправки аммиаком из цистерн применяют шланги с накидной гайкой, гайку приходится вытачивать по месту, так как ответные резьбы на вентиле цистерны весьма разнообразны, иногда встречается фланцевое соединение с $Д_у = 50$ мм.

Заправочные коллекторы. Предназначены для заправки системы холодильным агентом. Бывают с одним вентилем и манометром или мановакуумметром (для нагнетания 0–34 бар и всасывания минус 1–18 бар) и универсальные (два вентиля, манометр и мановакуумметр, иногда также вакуумметр минус 1–0 бар с дополнительным вентилем). Манометр и мановакуумметр имеют двойную шкалу — давления и температуры.

Схема заправки холодильным агентом через универсальный коллектор такова: средний штуцер соединяют шлангом с вакуумным насосом, штуцер всасывающей стороны коллектора — со штуцером системы. Вентиль, замаркированный синим (всасывание), открыт, красным (нагнетание), — закрыт. Воздух по шлангу через вентиль коллектора и сверления в его корпусе попадает в средний штуцер и далее по шлангу — в вакуумный насос. Глубину вакуума при этом видно на мановакуумметре либо при наличие на вакуумметре. Отсосав систему, закрывают вентиль на кол-

лекторе и, отсоединив вакуумный насос, на его место подсоединяют баллон с холодильным агентом. Хладагент из баллона поступает в систему, давление контролируется при этом тем же мановакуумметром.

Для контроля давления нагнетания (конденсации) используют манометр; схема аналогична: систему соединяют со средним штуцером коллектора, вентиль, замаркированный синим (всасывание), закрыт, красным (нагнетание), — открыт. Вентили в коллекторе мембранные, т. е. изнашиваются при интенсивной эксплуатации в течение 1–2 лет, мембрану можно заменить фторопластовой соответствующего диаметра и толщины, разобрав вентиль.

Некоторые модели оборудуют смотровым стеклом в центре коллектора для контроля потока жидкого холодильного агента при заправке и крюком для подвески коллектора (рис. 1.36). Получают распространение коллекторы оборудованные электронными манометрами.

Весы-дозаторы (рис. 1.37). Применяются для дозированной заправки холодильным агентом. Для заправки баллон ставят на весы, соединяют шлангом с входным штуцером на весах, выходной штуцер весов соединяют с системой. Между входным и выходным штуцерами расположен соленоидный вентиль. На клавиатуре задают количество хладагента, заправляемого в систему, и дают команду на заправку, соленоидный вентиль открывается, и фреон поступает в систему. Как только значение массы баллона на весах упало на заданное количество, от процессора поступает сигнал,

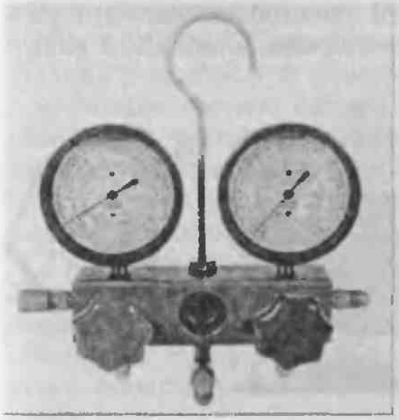


Рис. 1.36. Заправочный коллектор

Рис. 1.37. Весы-дозатор

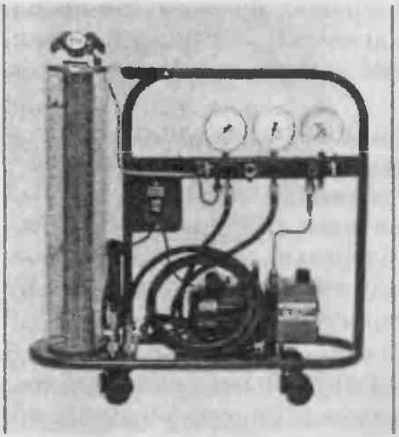


Рис. 1.38. Зарядный цилиндр «Refco»

и соленоидный вентиль закрывается, прекращая заправку. Весы удобны, когда известна масса заправки, например на серийных холодильных установках; на крупных монтажах применяются мало.

Зарядные цилиндры (рис. 1.38). Выполняют те же функции, что и весы-дозаторы, но не по массе, а по объему. Широкого распространения не получили из-за громоздкости и ненадежности — цилиндр выполнен из прозрачного пластика, стыки плохо герметизируются и текут. Обычно отдельно цилиндр не используют, а комплектуют его вакуумным насосом, коллектором и набором шлангов, монтируя все на переносной или передвижной раме.

Цифровые (электронные) вакуумметры и манометры. На этих приборах (рис. 1.39, *а*) заданы определенные пороги, при достижении которых производится цветовая сигнализация. У более новых моделей на жидкокристаллическом дисплее отображается значение давления. Удобны тем, что практически не подвержены деформациям, ударам, отсутствие стрелки позволяет избежать ошибок при считывании. Недостатком можно назвать проблемы неверных показаний при разрядке батарей и трудности в использовании при низких температурах, впрочем характерные для любой электроники.

Рис. 1.39. Измерительные приборы: *а* — цифровой манометр; *б* — электронный течеискатель CPS; *в* — термоэлектроанемометр; *г* — электронный термометр

Электронные течеискатели. Применяются для поиска утечек холодильного агента (фреонов, аммиака или других в зависимости от модификаций) (рис. 1.39, *б*). Ранее применялась галоидная лампа, но современные хладагенты не содержат хлора, поэтому пламя галоидной лампы меняться не будет, соответственно она бесполезна при поиске утечек.

Чувствительный элемент подносят к местам возможной утечки, настроив на один из уровней чувствительности (загрубленный течеискатель реагирует только на большой выброс агента, на чувствительном уровне достаточно нескольких молекул в воздухе). Сигналы о присутствии хладагента звуковые и световые; чем больше концентрация, тем интенсивнее сигнал. Не следует дуть на чувствительный элемент, он быстро выходит из строя, при недостаточном питании показания нестабильны, часто реагирует на посторонние газы. Для работы с электронным течеискателем нужен навык, но он гораздо удобнее ультразвуковых течеискателей и проще применения галогенных присадок во фреон, искать которые нужно в специальных очках.

Термоэлектроанемометры. Применяются для определения скорости воздуха до 45 м/с с ценой деления 0,1 м/с и температуры с ценой деления 0,1 °С (рис. 1.39, *в*). Температуры термоэлектроанемометры обычно измеряют только положительные. Термоэлектроанемометры российского производства типа ТАМ-1 имеют чувствительный элемент для измерения скорости в виде щупа, АТА 1000, АПР-2, а анемометры импортного производства — крыльчатого типа. Работают от источников питания 3–9 В, компактны, иногда имеют различные шкалы (м/с, км/ч, фут/с, миль/ч).

Термометры. Применяются для проверки правильности выхода установки на режим. Термопары, распространенные в настоящее время, весьма удобны, но инерционны; следует подбирать такой термометр, датчик которого герметично закрыт, так как холодильщику часто требуется измерять температуру воды и хладоносителей.

Гребенки для ребер (рис. 1.40). Применяются для восстановления межреберного расстояния у теплообменных поверхностей конденсаторов и испарителей, смятых при монтаже.

Рис. 1.40. Гребенка «Refco» для ребер

Полистирольные карандаши (рис. 1.41). Применяются при герме-

Рис. 1.41. Полистирольный карандаш «Refco»

Рис. 1.42. Зеркало «Refco»

тизации маленьких течей. Для этого необходимо нагреть поверхность вокруг течи и провести карандашом, который, расплавившись, затекает в отверстие, сцепляется с поверхностью и застывает плотной непроницаемой коркой. Герметизацию проводят, освободив систему от хладагента, обычно применяют для ремонта бытовых холодильников, но при монтаже малых холодильных установок может использоваться как временная мера герметизации течи.

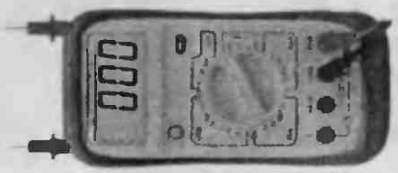
Зеркала. Для проверок паяного соединения в труднодоступном месте используют специальное круглое зеркальце на длинной ручке (рис. 1.42) или хромированную бензиновую зажигалку.

1.2.5. ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Мультиметры (тестеры) (рис. 1.43, *а*). Холодильщиками используются для проверки целостности обмоток и кабелей, измерения сопротивления обмоток, силы тока и напряжения. Тестеры со звуковым сигналом незаменимы при работе с щитовой разводкой и приборами КИПиА, выпускаются модели с термодатчиком. Желательно не применять мультиметры со стрелочным отображением информации из-за их низкой надежности и точности. Полезно в набор включить несколько крокодилов, потому как при прозванивании цепей ими удобно замыкать проводники.

Клещи (рис. 1.43, *б*). Выполняют все функции мультиметра, однако имеют важное преимущество — могут измерять силу и напряжение тока в кабеле поверх изоляции

а)



б)

Рис. 1.43. Приборы для измерения электрических величин: *а* — мультиметр; *б* — клещи

чувствительными клещами. Следует всегда при измерении напряжения следить за положением переключателя («напр.», «сопр.», «сила»). Даже опытные электромонтажники пережигают клещи, измеряя напряжение, не переключившись с прозвонки, предохранители в данном случае не успевают сработать. Желательно не применять клещи со стрелочным отображением информации из-за их низкой надежности и точности.

Индикаторные отвертки. Показывают наличие напряжения, полезно всегда иметь в комплекте. Индикаторная отвертка не должна иметь большие шлицы, еще лучше модели с заостренным концом, так как измерение происходит в стесненных и труднодоступных местах, на очень маленьких винтах и контактах.

Мегомметры. Приборы, необходимые при сдаточных испытаниях электрической части холодильной установки. Применяются для измерения сопротивления изоляции кабелей. По результатам измерения составляют акт проверки сопротивления изоляции. Правом пользования данным прибором обладает электромонтажник.

1.2.6. СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОДЫ

Это оборудование, с которым необходимо в холодильной технике работать профессионалу, прошедшему соответствующее обучение и имеющему большой опыт, так как к сварным соединениям предъявляют очень высокие требования по прочности и герметичности. Обслуживанием сварочного оборудования занимаются подготовленные к этому сварщики.

Приведенные ниже сведения даны для того, чтобы холодильщик представлял себе особенности работы этого оборудования при монтажных работах. Газовая сварка в разделе не рассматривается, так как ее применение при монтаже холодильных систем эпизодично и используется лишь для стальных водопроводных труб малого диаметра. Ручная дуговая сварка является основным способом сварки стальных трубопроводов в холодильной промышленности как наиболее доступная и достаточно качественная. Для получения ответственных сварных соединений применяют дуговую сварку в среде аргона, защищающего расплавленный факелом дуги металл от вредного воздействия воздуха.

Новинкой можно считать появление паяльно-сварочных и сварочных стержней ОКСАЛ.

Сварочный пост для ручной дуговой сварки. Специальное рабочее место для сварщика называется сварочным постом. Сварочный пост состоит из трансформатора, сварочных проводов, электрододержателя, защитного шлема (рис. 1.44 и 1.45). Наилучшим для получения качественных соединений является передвижной сварочный пост, расположенный в небольшом мобильном контейнере с проушинами для подъема краном и полозьями для перемещения волоком. В нем установлены сварочные аппараты, вытяжка, пусковые аппараты, печь для прокалки электродов, шкаф для инструмента. Однако чаще всего из-за специфики монтажных условий холодильных систем пост располагается непосредственно на площадке, но обязательно под навесом, защищающим от осадков и ветра, с хорошим освещением. Следует знать, что качество сварного шва напрямую зависит от того, насколько комфортные условия будут у сварщика при наложении шва. Соблюдая вышеизложенные несложные требования, можно избежать большинства трудностей при опрессовке системы, когда шов, давший течь, приходится исправлять на уже смонтированном трубопроводе, обычно в самом неудобном положении.

Сварочный трансформатор — это специальный понижающий трансформатор, работающий в режиме меняющихся напряжения и тока, рассчитанный на кратковременное замыкание сети. Важнейшей номинальной характеристикой сварочного трансформатора является диапазон регулирования. Для сварки переменным током применяют однофаз-

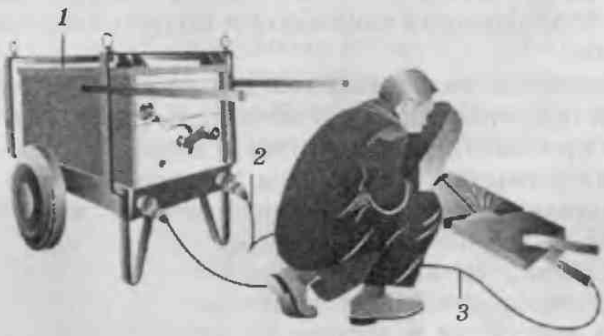


Рис. 1.44. Схема поста для ручной дуговой сварки:
1 — сварочный трансформатор; *2* — электрокабель к электрододержателю; *3* — заземляющий кабель

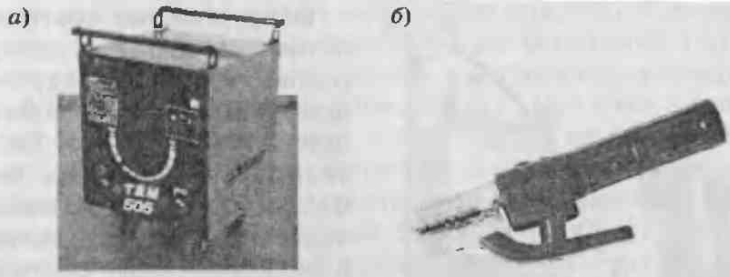


Рис. 1.45. Оборудование для ручной дуговой сварки: *а* — сварочный трансформатор ТДМ-505; *б* — электрододержатель

ные трансформаторы, разделяющие силовую и сварочную цепи и понижающие напряжение от 380 до 80 В.

Здесь кратко описывается устройство наиболее распространенных сварочных трансформаторов серии ТДМ с увеличенным магнитным рассеянием и подвижными обмотками. В корпусе расположены первичная неподвижная и вторичная подвижная обмотки, вторичная двигается при помощи ходового винта, пропущенного через верхнее ярмо стержневого магнитопровода. Поднимая винтом обмотку вверх, уменьшают ток, опуская — увеличивают.

Распространены следующие марки сварочных трансформаторов: ТДМ-163, ТДМ-269, ТДМ-300, ТДМ-301, ТДМ-401. К электрододержателю электричество подается по кабелю марок РГД (для подвода к электрододержателю длиной до 3 м), КГ, КРПТН, КРПГН (для наращивания кабеля). Длина кабеля не должна превышать 40 м. Запрещается наращивание скрутками, следует использовать быстроразъемные соединительные муфты типа МС-2.

Электрододержатель пассатижного типа ЭП или ЭД наиболее распространен на монтажной площадке: он удобен тем, что замену электрода можно произвести простым нажатием на рычаг с верхней губой, сварку можно вести во всех пространственных положениях; он легок и надежен. Шлем снабжен светофильтром и может откидываться назад, фиксируясь зажимами, светофильтры требуется периодически менять. Удобны шлемы с регулятором затемнения.

Сварочный пост для аргонодуговой сварки. Аргонодуговая сварка наиболее распространена при выполнении первого шва соединений стальных нагнетательных, всасывающих трубопроводов и патрубков компрессора, практически всегда применяется при работе с коррозионно-стойкими трубопроводами и стальными трубопроводами малого диаметра.

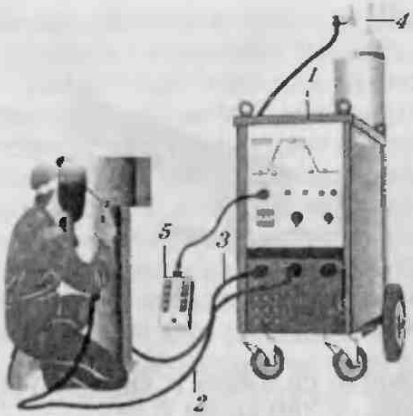


Рис. 1.46. Сварочный пост для аргонодуговой сварки:

1 — сварочный трансформатор; *2* — электрокабель к горелке; *3* — заземляющий кабель; *4* — баллон с аргоном; *5* — пульт

Оборудование состоит из источника питания дуги, аргонового баллона, редуктора, шлангов, горелки, защитного шлема (рис. 1.46). Баллон технического аргона имеет черный цвет и синюю надпись, чистый аргон поставляется в баллонах серого цвета с зеленой надписью. Баллоны заправляют до давления 15 МПа. Для сварки сталей рекомендуется технический аргон (второго сорта). Редуктор по принципу действия аналогичен кислородному, окрашен в черный цвет, выпускается марок АР-150-2 и АР-40-2, шланги применяют те же, что и для кислородных рукавов. Горелки состоят из неплавящегося электрода, вокруг которого подается аргон, подводимый по шлангу и рукояти. Выпускают аппараты для аргонодуговой сварки марок УДГУ-302, УДГУ-251.

Электроды и присадочные проволоки. Ручная дуговая сварка производится плавящимся электродом длиной 250–450 мм, диаметром 4–6 мм, стержень покрыт специальной обмазкой, один конец, вставляемый в электрододержатель, длиной 20–30 мм не имеет покрытия (рис. 1.47).

Для сварки ручной дуговой сваркой трубопроводов из низкоуглеродистой стали (для холодильного агента не ниже минус 40 °С, трубопроводов хладоносителя и воды) следует применять тип электродов Э42А марок УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, СМ-11, ОММ-5, ОМА-2. В документации указывают лишь марку электрода, например: УОНИ-13/45-3,0-2 ГОСТ 9466–75, где цифра 3 означает диаметр электрода.

Рис. 1.47. Сварочные электроды

Низколегированные стали марок 09Г2, 09Г2С, применяемые для трубопроводов жидкого холодильного агента, рабо-

тающих при температурах от минус 40 до минус 60 °С, сваривают электродами типа Э46А марок ОЗС-29, Э-138/45Н, СМ-11.

Для сварки стали и меди выпускают электроды АНЦ-03М-2, «Комсомолец-100», АНЦ-03М-3 с постоянным током обратной полярности, однако автор не имеет сведений о герметичности и прочности соединения трубопроводов холодильного агента электродами этих марок.

Сварка высоколегированной стали марки 08-12Х18Н10Т (коррозионно-стойкие трубопроводы) ручной дуговой сваркой производится электродами марок ЗИО-8, ОЗЛ-6, ОЗЛ-8, Д3(Э-07Х20Н9), ОЗЛ-25б, ОЗЛ-44, НИАТ-1/04Х19Н9, ЦЛ-11.

Сварка разнородных сталей, например коррозионно-стойкой стали марки 08-12Х18Н10Т и стали марки 20, что характерно для соединений трубопроводов и теплообменных аппаратов, следует производить электродами марок АНЖР-3У, ОЗЛ-25Б.

Неплавящиеся электроды для аргонодуговой сварки изготавливают из вольфрама, добавляя для уменьшения оплавления и попадания материала электрода в шов лантан — марка электрода ЭВЛ-10, иттрий — ЭВИ-30, последний наиболее стойкий.

Присадочную кремнемарганцевую проволоку марок Св 08Г2С, Св 08ГС, Св 12ГС применяют при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей (трубопроводы холодильного агента, хладоносителя, воды); для сварки стали 09Г2С применяют проволоку марки 09Г2С.

Коррозионно-стойкие трубопроводы, изготовленные из стали 08-12Х18Н10Т, сваривают с присадочной проволокой той же марки, т. е. для трубы из стали 12Х18Н10Т применяют проволоку 12Х18Н10Т.

Для ручной дуговой резки (вспомогательные операции на строительных конструкциях) применяют электроды АНО-2, АНО-4.

Паяльно-сварочные стержни ОКСАЛ. Представляют собой стержень с пиротехнической смесью. Достаточно поджечь фитиль и на конце стержня возникает пламя достаточное для сварки или резки металла. Держать стержень следует одетой в брезентовую рукавицу рукой. Стержни можно рекомендовать для временного устранения течей на медных и стальных трубопроводах («ОКСАЛ-М» или «ОКСАЛ-1М», толщина стенки свариваемого металла 1,4–2,5 мм, длина шва 100–150 мм), сварки стали («ОКСАЛ-1С» или «ОКСАЛ-С», толщина стенки свариваемого металла 1,0–3,0 мм), резки

(«ОКСАЛ-2У», разрезающий за 12–14 с стальной прут диаметром 22 мм). Масса стержня 35–65 г, длина до 170 мм. Стержни удобно носить с собой и использовать в экстренных случаях.

С пола упасть нельзя.

Закон Поля

1.3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, СПЕЦОДЕЖДА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

В данном параграфе анализируются основные опасности, подстерегающие монтажника холодильных систем. Следует использовать лишь исправное оборудование, в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей, внимательно ознакомиться с вводным инструктажем по технике безопасности, пройти инструктаж на рабочем месте, использовать спецодежду, что предохранит от получения серьезных травм на монтажной площадке.

Специфические травмы при монтаже холодильных систем связаны с механическими повреждениями, ожогами, обморожениями, отравлением холодильным агентом, поражением электротоком. Механические повреждения происходят при использовании отрезных машин, работах с системой под давлением, изоляционных работах. Отрезные и шлифмашины разрезают металл с помощью абразивного диска, вращающегося с большой скоростью, который может нанести серьезные повреждения, поэтому запрещается снимать с него защитный кожух. Следует помнить, что края реза имеют острые заусенцы, при работе без защитных рукавиц наносящие глубокие порезы.

При работе с отрезной и шлифмашиной образуется шлейф раскаленных искр, и монтажники, не использующие защитные очки или щитки, могут получить ожог глаза искрой. Следует знать, что монтажник может перенести не одну болезненную операцию в глазной клинике по извлечению остатков искры и выбыть с работы на срок до четырех недель.

При работе с системой под давлением необходимо контролировать давление в вскрываемых участках, так как заглушка, особенно латунная большого диаметра, может нанести значительные повреждения. Компрессоры и теплооб-

менное оборудование поступают заправленными азотом (под давлением до 8 бар — чтобы внутрь не проникла влага). Иногда при отвинчивании резьбовой заглушки нитки резьбы плотно прилегают друг к другу и до последнего момента не слышно свиста выходящего газа, стоять в таких случаях необходимо в стороне от возможной траектории полета заглушки.

При работе с листами обшивки холодильной камеры, защитными коробами и сэндвич-панелями есть риск получить глубокие порезы рук от острых кромок. Необходимо в таких случаях надевать брезентовые рукавицы.

Ожоги случаются при пайке, резке и сварке. При пайке и резке опасность представляют пламя горелки, резака, место пайки, резки и припой. Пламя горелки, резака может нанести тяжкие телесные повреждения, поэтому направлять пламя куда-либо, кроме паяемого, разрезаемого изделия, оставлять без присмотра, класть работающую горелку, резак на пол запрещается. Придерживать арматуру и трубы при пайке следует только плоскогубцами. После пайки, резки и сварки труба остывает долгое время, поэтому не следует работать с ней до полного остывания. Припой при пайке нагревается, поэтому необходимо использовать только длинные прутки припоя, короткие — нарастить. Монтажники имеют обыкновение чесать лицо обратным концом прутка припоя, отчего очень часто получают точечные ожоги. Следует помнить, что нагреваются листы, подстеленные под место пайки, а также инструмент, которым придерживаются трубы и арматура при пайке. При резке образуются далеко разлетающиеся капли раскаленного металла, поэтому холодильщику надо иметь защитные очки и плотную искростойкую одежду. При отбивании сварщиками шлака со шва, разлетаются осколки, которые могут попасть в глаза и вызвать обширный ожог. Сварка сопровождается ярким светом, ультрафиолетовыми и инфракрасными лучами, воздействие которых на незащищенные глаза в течение 10–20 с в радиусе до 1 м вызывает сильные боли, слезоточивость, светобоязнь. Электрическая дуга при воздействии в течение 60–180 с на кожу приводит к ожогу, на глаза — к электроофтальмии (воспаление наружных оболочек глаз) и катаракте.

Ожог может быть химическим — при поражении аммиаком. При поражении кожи аммиаком следует промыть ожог обильным количеством воды в течение не менее 15 мин (по возможности перед снятием одежды), поврежденные ме-

сти не закрывать одеждой, не накладывать повязок и мазей, немедленно вызвать врача.

Обморожения происходят при разгерметизации системы под давлением и последующих попытках ликвидировать утечку жидкого холодильного агента. В таких случаях не следует пытаться заткнуть возникшую течь иногда в буквальном смысле грудью, а перекрыть вентили, отсекающие данный участок, смирившись с потерей хладагента.

При обморожении пораженные участки необходимо закрыть одеждой, одеялом, при возможности согреть теплой (не горячей!) водой, вызвать врача.

При отравлении аммиаком до приезда врача пострадавшего надо перенести в отапливаемое помещение и уложить на бок, голову и плечи держать в слегка приподнятом положении, одежду для облегчения дыхания расстегнуть. Вдохнувшему большое количество аммиака в газообразной форме необходим кислород и покой. Находящемуся в сознании полезно дать воды либо разбавленного апельсинового сока с сахаром или глицерином. Непосредственного отравления холодильными агентами типа HCFC или HFC (R22, R134a) не происходит, но при больших концентрациях и плохой вентиляции есть опасность удушья и потери сознания, особенно в каналах и колодцах, так как фреон тяжелее воздуха и собирается в углублениях. Поэтому при крупных утечках фреона спускаться в колодцы и каналы следует только с работающим на средней чувствительности электронным течеискателем, в шланговом противогазе типа ПШ-2 или в изолирующем дыхательном аппарате, в спасательном поясе с присоединенной к нему стропой, со страхующем сверху напарником. В случае потери сознания или удушья страхуемого страхующий должен (при невозможности извлечь пострадавшего при помощи стропы) позвать на помощь, надеть шланговый противогаз и только затем спуститься в канал под наблюдением. При работе в каналах, при утечках фреонов, такие меры безопасности не будут излишними — неоднократно происходили несчастные случаи со смертельным исходом вследствие удушья. Пострадавшего необходимо вынести на свежий воздух, расстегнуть одежду, делать искусственное дыхание «рот в рот» до тех пор, пока не будет обеспечена кислородная маска.

При поражении глаз аммиаком следует промывать их обильным количеством воды в течение не менее 15 мин. При поражении глаз каплями холодильных агентов типа HCFC или HFC (R22, R134a) следует закапать стерилизо-

ванное минеральное масло (машинное масло или парафиновое масло) и промыть водой, пары повреждений глаз обычно не вызывают. В обоих случаях пострадавшего нужно незамедлительно доставить в больницу.

Маловероятно такое поражение, но при попадании аммиака в желудок пострадавшему надо выпить большое количество воды, разбавленной пищевой уксусной эссенцией в пропорции 1 объем эссенции на 5 объемов воды, либо выпить молока, в которое можно добавить одно сырое яйцо.

При сварке образуются ионы обеих полярностей, т. е. происходит ионизация воздуха, избыток ионов любой полярности при плохой вентиляции вреден для здоровья. Вследствие применения при сварке покрытых электродов атмосфера монтажной площадки насыщается сварочными аэрозолями, при длительном воздействии на организм могут возникнуть пневмокониоз, пылевой бронхит и др. Сварка оцинкованных поверхностей (аммиачная теплообменная аппаратура) сопровождается выделением оксида цинка, вызывающего потерю аппетита, жажду, повышенную утомляемость, сухой кашель, лихорадку (озноб, повышение температуры, тошнота, рвота), причем механическая очистка мест сварки от оцинкования незначительно уменьшает опасность. Для предотвращения негативных воздействий на монтажников следует кроме общеобменной вентиляции использовать местные отсосы, воздухозаборники которых располагают в 0,25–0,5 м от зоны сварочной дуги; скорость воздуха в зоне сварки должна составлять не менее 0,5 м/с, производительность отсоса по воздуху — 600–1000 $м^3$/ч. При невозможности организовать эффективную вентиляцию применяют защитную маску сварщика «Шмель-40» с принудительной подачей воздуха в зону дыхания или специально предназначенные для фильтрации от сварочных аэрозолей респираторы типа «Снежок».

Электросварщики, работающие внутри цистерн, колодцев, замкнутых и тесных пространств, должны обеспечиваться шланговым противогазом ПШ-2 или ПШ-1 (рис. 1.48), спасательным поясом с прикрепленной к нему прочной

Рис. 1.48. Шланговый противогаз ПШ-1

стропой, резиновыми изолирующими матами на теплоизолирующей прокладке, шлемом из диэлектрического материала, одеждой с резиновыми подлокотниками и наколенниками и работать в паре со страхующим.

При работе с электрооборудованием и в постоянном контакте со сварочными аппаратами холодильщик может подвергнуться поражению электротоком. Опасным для жизни считается электрическое напряжение более 42 В переменного и 110 В постоянного тока в сухих помещениях и 12 В в сырых помещениях, замкнутых объемах и т. п. При поражениях электротоком бывают следующие травмы: электрический ожег, металлизация кожи, электрический знак и электрический удар.

Электрический ожог причиняют электрическая, дуга используемая при электросварке (дуговой ожог), и контакт с токоведущей частью (токовый ожог) в результате преобразования энергии электрического тока в тепловую.

Металлизация кожи — проникновение частиц металла в глубь кожи.

Электрический знак появляется при прохождении тока большого значения сквозь небольшую поверхность с высоким сопротивлением при температуре 50–115 °С в результате теплового воздействия, кожа при этом повреждена, в месте прикосновения к токоведущей части остается след.

Электрический удар сопровождается непроизвольными сокращениями мышц; опасен тем, что в таком состоянии человек может упасть и получить механические повреждения.

Электрический ток негативно воздействует на нервную систему и особенно на сердце, вызывая дефибрилляцию (не координированные движения волокон сердечной мышцы), отчего может наступить смерть. Электрический ток наиболее опасен для людей с тонкой и влажной кожей, слабым сердцем, ослабленных болезнями, алкоголем. Степень тяжести поражения человека электротоком зависит от степени, длительности действия, рода и частоты тока, пути тока в организме.

При поражениях электрическим током следует отключить электроустановку, которой касается пострадавший, при нахождении его на высоте обеспечить безопасное падение. При невозможности быстрого отключения электричества следует отсоединить пострадавшего от токоведущих элементов за одежду (если она сухая). Обычно у холодильщика на монтажной площадке нет деревянных досок, но в наличии

много инструментов с изолированными ручками (плоскогубцы, обжимки, отвертки, трубогибы и т. д.), ими тоже можно ухватиться за одежду пострадавшего. На площадке много обрезков кабеля в изоляции, резиновых кислородных рукавов, иногда пластиковых труб — ими также можно, захватив человека за корпус, освободить от воздействия электрического тока. В крайнем случае, при недоступности вышеизложенных методов можно перекусить провода бокорезами с изолированными ручками или перерубить топором с деревянным обухом из пожарного комплекта.

Пострадавшего следует уложить лицом вверх на твердую поверхность, при необходимости сделать искусственное дыхание и массаж сердца, длительно бывшему под воздействием тока или находившемуся до этого без сознания обеспечить покой до прибытия врача или доставить пострадавшего в больницу. Находящегося без сознания надо уложить на мягкую поверхность, расстегнуть одежду, обеспечить приток свежего воздуха, дать понюхать нашатырного спирта, растереть и согреть тело, немедленно обратиться к врачу.

Наилучшей экипировкой холодильщика является комбинезон из толстой ткани, устойчивой к искре и брызгам металла, жилетки из той же ткани и куртки. Одежда должна иметь для инструментов множество карманов разнообразных форм и размеров с застежками, чтобы в карманы не попадали брызги металла. Обувь следует выбирать из толстой кожи с металлическим носком и высоким берцем. Зимняя экипировка включает ватник, ватные штаны и валенки с прорезиненной подошвой. Головной убор: кепка, подшлемник, вязаная шапочка, — все они идеально подходят для надевания поверх них строительного шлема, спасающего от ушибов в тесных каналах. Автор из собственного опыта может рекомендовать бандан, широко применяемый среди холодильщиков Санкт-Петербурга. Защитные очки с прозрачными небьющимися стеклами должны стать непременным атрибутом холодильщика; для паечных работ используют очки со светофильтрами Г-1, Г-2, Г-3 — в зависимости от мощности пламени. При работе в пыльной атмосфере (сверление отверстий в бетоне) и с отрезной машиной (абразивная пыль) следует надевать противопыльный респиратор.

При работе с аммиаком для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица следует использовать противогазы шланговые ПШ-2, ПШ-1 или изолирующие ИП-4м, ИП-5, ИП-6

с регенеративными патронами РП-4-01, РП-5, РП-6 (время работы патрона при легкой физической нагрузке 180 мин, при тяжелой — 30 мин). Промышленные фильтрующие противогазы ППФ-95м и ППФ-95 с коробками марки КД при концентрации аммиака до 5000 мг/м^3 могут использоваться до 100 мин. При концентрации аммиака не более 200 мг/м^3 используют противогазовый респиратор РПГ-67 или универсальный РУ-60м (защищает и от вредных аэрозолей при концентрации до 100 мг/м^3) с патроном КД, работоспособным в течение 4 ч. Костюм изолирующий КИХ-4 и КИХ-5 используют для защиты кожи от жидкого (2 мин) и газообразного аммиака (не менее 60 мин). Время непрерывного выполнения работ средней тяжести в сочетании с изолирующим прибором при 25 °С составляет 20 мин. Производят легкие защитные костюмы Л-1. На рис. 1.49 и 1.50 представлены различные средства индивидуальной защиты.

Место монтажа должно быть оборудовано противопожарным инвентарем и ручными огнетушителями. Инвентарь поставляется вместе со щитом заводского производства, огнетушители производятся: углекислотные, пенные, углекислотно-бромэтиловые и порошковые. Углекислотными огнетушителями подавляют очаги возгорания разнообразных веществ (кроме тех, которые могут гореть без доступа воздуха) и электроустановок, находящихся под напряжением, для чего раструб огнетушителя направляют в сторону пламени и поворачивают маховик вентиля до упора. Электроустановки желательно предварительно обесточить и после применения огнетушителя тщательно проветрить помещение.

Рис. 1.49. Бригада, готовая к ликвидации ЧС на аммиачной холодильной установке

Пенные огнетушители приводят в действие поворотом рукоятки, отчего клапан кислотного стакана откроется и кислотный заряд, смешавшись со щелочным, создаст пену, и она под давлением начнет истекать наружу; небольшие огнетушители типа ОХП необходимо при этом переворачивать. Углекислотно-бромэтиловые огнетушители могут применяться для тушения электроустановок под напряжением, порошковые огнетушители рекомендуется не применять, так как мелкую пыль,

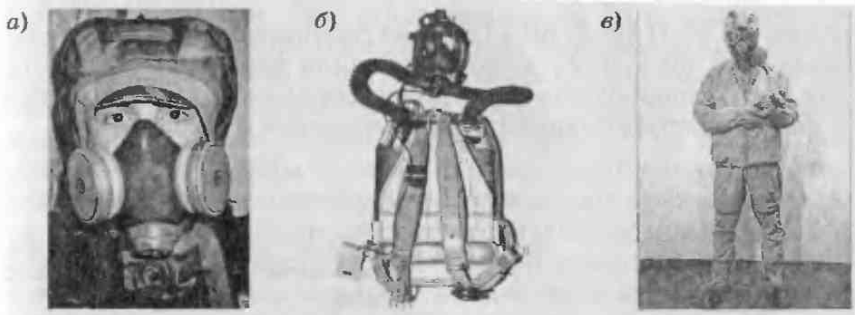


Рис. 1.50. Средства индивидуальной защиты: *а* — респиратор РПГ-67; *б* — изолирующий дыхательный аппарат; *в* — легкий защитный костюм Л-1

осевшую после применения, трудно впоследствии удалить. На рис. 1.51 представлены различные средства пожаротушения.

Руководителям работ и монтажникам следует ознакомиться со следующими документами: ПБ 03-108–96 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», ПБ 09-592–03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем», ПБ 09-220–98 «Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок», ПБ 10-115–96 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», ГОСТ 12.2.003 «Правила устройства электроустановок», ГОСТ 12.2.049 «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», ГОСТ 12.2.007.8 «Правила технической эксплуатации установок потребителей», ГОСТ 12.2.013.0–91 «Машины ручные электрические. Общие требования безопасности и методы испытаний», ГОСТ 12.2.012-75 «Приспособления по обеспечению безопасного производства работ. Общие требо-

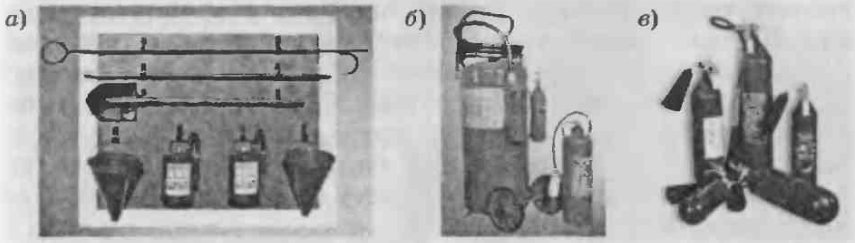


Рис. 1.51. Противопожарный инвентарь: *а* — пожарный щит; *б* — огнетушители углекислотные; *в* — огнетушители химические пенные

вания», СНиП III-4–80 «Техника безопасности в строительстве», ПБ 09-170–97 «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» и т. д.

Предмет упадет таким образом, чтобы нанести наибольший ущерб.

Закон избирательного тяготения

1.4. ГРУЗОПОДЪЕМНЫЕ МАШИНЫ

Холодильщику зачастую приходится руководить работами по перевозке, выгрузке и подъему теплообменного оборудования и компрессоров. Управление кранами и погрузчиками следует предоставить профессионалам, но иметь общее представление о типах таких механизмов и границах их применения необходимо.

Стреловые самоходные краны. Представляют собой стреловое или башенно-стреловое крановое оборудование, смонтированное на самоходном гусеничном или пневмоколесном шасси, являются основными грузоподъемными машинами при монтаже холодильных установок. Выпускаются десяти размерных групп грузоподъемностью 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 и 250 т (максимально допустимая масса груза, которую может поднять кран данной размерной группы при минимальном вылете основной стрелы).

Осуществляют следующие операции: подъем и опускание груза; изменение угла наклона стрелы при изменении вылета; поворот стрелы в плане на 360°; выдвижение телескопической стрелы с грузом; передвижение крана с грузом. Шасси кранов с пневмоколесным ходовым устройством оборудуют выносными опорами-аутригерами, они бывают винтовыми или гидравлическими. С помощью опор, устанавливаемых перед подъемом груза, увеличиваются опорная база и устойчивость крана, снижается нагрузка на покрышки, без них грузоподъемность составляет 20–30 % от номинальной.

Стреловые полноприводные автокраны. Смонтированы на шасси грузовых автомобилей нормальной или повышен-

ной проходимости. Грузоподъемность до 40 т, с грузом передвигаются со скоростью до 5 км/ч, грузоподъемность при этом снижается в три—пять раз. Управление крановым механизмом осуществляется из кабины машиниста на поворотной платформе, передвижением крана — из кабины автошасси. Автокраны с механическим одномоторным приводом (т. е. через систему механизмов двигатель автомобиля приводит в действие кран) имеют грузоподъемность 6,3 т, длина основной жесткой решетчатой стрелы 8 м, в комплект сменного оборудования входят удлиненная выдвижная стрела длиной 10,4 м и две удлиненные — по 12 м.

Дизель-электрические краны имеют грузоподъемность 16 т, длина основной жесткой решетчатой стрелы 10 м, наращивается вставками до 14, 18, 22 м. Электродвигатели крановых механизмов питаются от трехфазного генератора, привод которого осуществляется от дизеля автомобиля.

С гидравлическим приводом автокраны имеют грузоподъемность до 16 т и оборудуются жестко подвешенными телескопическими стрелами, способными удлиняться в отличие от предыдущих конструкций при рабочей нагрузке. При использовании шасси КрАЗ и КамАЗ с повышенной несущей способностью грузоподъемность составляет 25 и 40 т (рис. 1.52).

Краны на шасси автомобильного типа выпускают грузоподъемностью до 250 т (рис. 1.53). Такие краны обычно используют при монтаже крупногабаритного теплообменного оборудования.

Обычно для монтажа холодильных установок достаточно автокранов или кранов на шасси автомобильного типа, но при строительстве крупных объектов, когда одновременно с монтажом холодильной установки происходит строительство зданий и сооружений, могут использоваться и другие краны. Это пневмоколесные краны (грузоподъемностью 25, 40, 63 и 100 т и длиной стрелы до 55 м), краны на короткобазовом шасси (грузоподъемностью 16, 25 и 40 т и длиной стрелы до 35 м), гусеничные стреловые самоходные краны

Рис. 1.52. Автокран с гидравлическим приводом

Рис. 1.53. Автокран на шасси автомобильного типа

(грузоподъемностью 16, 25, 40, 63, 100 и 160 т), специальные стреловые краны на рельсовом ходу (грузоподъемностью 5–32 т и высотой подъема 4,8–32 м).

Отдельно следует отметить легкий полноприводной стреловой кран типа «Пионер» грузоподъемностью 0,5–2 т. Установленный на колесах, по площадке может буксироваться автомобилем или вручную, транспортируется в кузове автомобиля. Механизм подъема груза состоит из реверсивной лебедки, управляется с выносного пульта. Высота подъема крюка 4,5–8 м при установке на земле.

Вилочные универсальные погрузчики (автопогрузчики). Имеют грузоподъемность 2–12 т, поднимают груз на высоту 4–6 м. Максимальная скорость движения с грузом 6–15 км/ч, без груза — до 45 км/ч, могут передвигаться только по плотным покрытиям. Выпускаются с двигателями внутреннего сгорания (на бензине или пропан-бутановой смеси), дизельным или электрическим приводом (рис. 1.54).

Тали. Компактные грузоподъемные устройства, подвешиваемые на опорах, по типу привода бывают ручными и с электроприводом. Ручные тали имеют грузоподъемность 0,5–10 т, высоту подъема груза до 3 м. Тали с электроприводом (кран-балки, козловые краны и т. д.) имеют грузоподъемность 0,2–10 т, высоту подъема груза до 35 м.

Лебедки. Бывают ручные и с электроприводом, предназначенные для подъема груза или для перемещения в горизонтальной (наклонной) плоскости. Ручные лебедки обеспечивают наибольшее тяговое усилие каната 12,5–50 кН, канатоемкость барабана 50–70 м. Реверсивные лебедки с электроприводом обеспечивают наи-

Рис. 1.54. Вилочный погрузчик

большее тяговое усилие каната 4,5–50 кН, канатоемкость барабана 80–250 м.

Ручные тележки. Грузоподъемность до 2 т, передвигаются только по твердой поверхности (рис. 1.55).

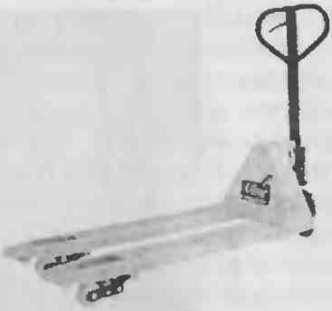


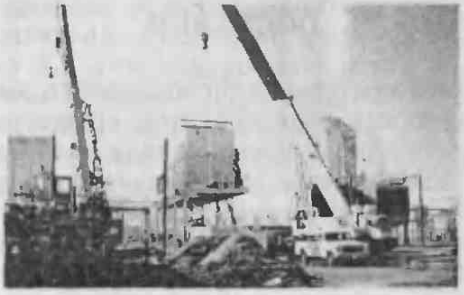
Рис. 1.55. Ручная тележка

Схема использования грузоподъемных машин при перемещении крупных агрегатов и аппаратов такова: доставленный авто- или железнодорожным транспортом груз снимается краном (при необходимости подвозится к зданию — рис. 1.56, *а*) и ставится на катки или ролики (рис. 1.56, *б*). Затем по каткам при помощи лебедки втаскивается внутрь здания и устанавливается на фундамент, при наличие тали внутри помещения перемещается ею.

Многие заводы-изготовители запрещают перемещать свое оборудование на катках из-за использования в конструкции нежесткой рамы, собранной на болтах. В таком случае рекомендуется установить на катки жесткую сварную раму по размеру оборудования, поставить на нее оборудование, доставить по каткам в помещение и перед установкой на фундамент удалить монтажную раму.

Аппараты и агрегаты, устанавливаемые на крыше, доставляются туда кранами. При невозможности доставки непосредственно на место монтажа следует поставить оборудование у края крыши на катки и транспортировать до места монтажа. В этом случае необходимо согласовать со строителями нагрузку на кровлю при транспортировке и подложить под катки стальные листы для сохранения покрытия крыши, обычно весьма хрупкого.

а)



б)

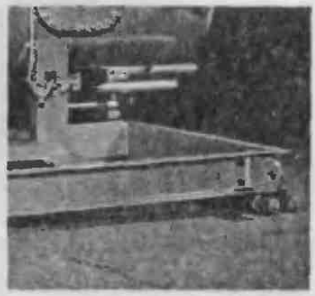


Рис. 1.56. Разгрузка оборудования: *а* — использование крана; *б* — ролики

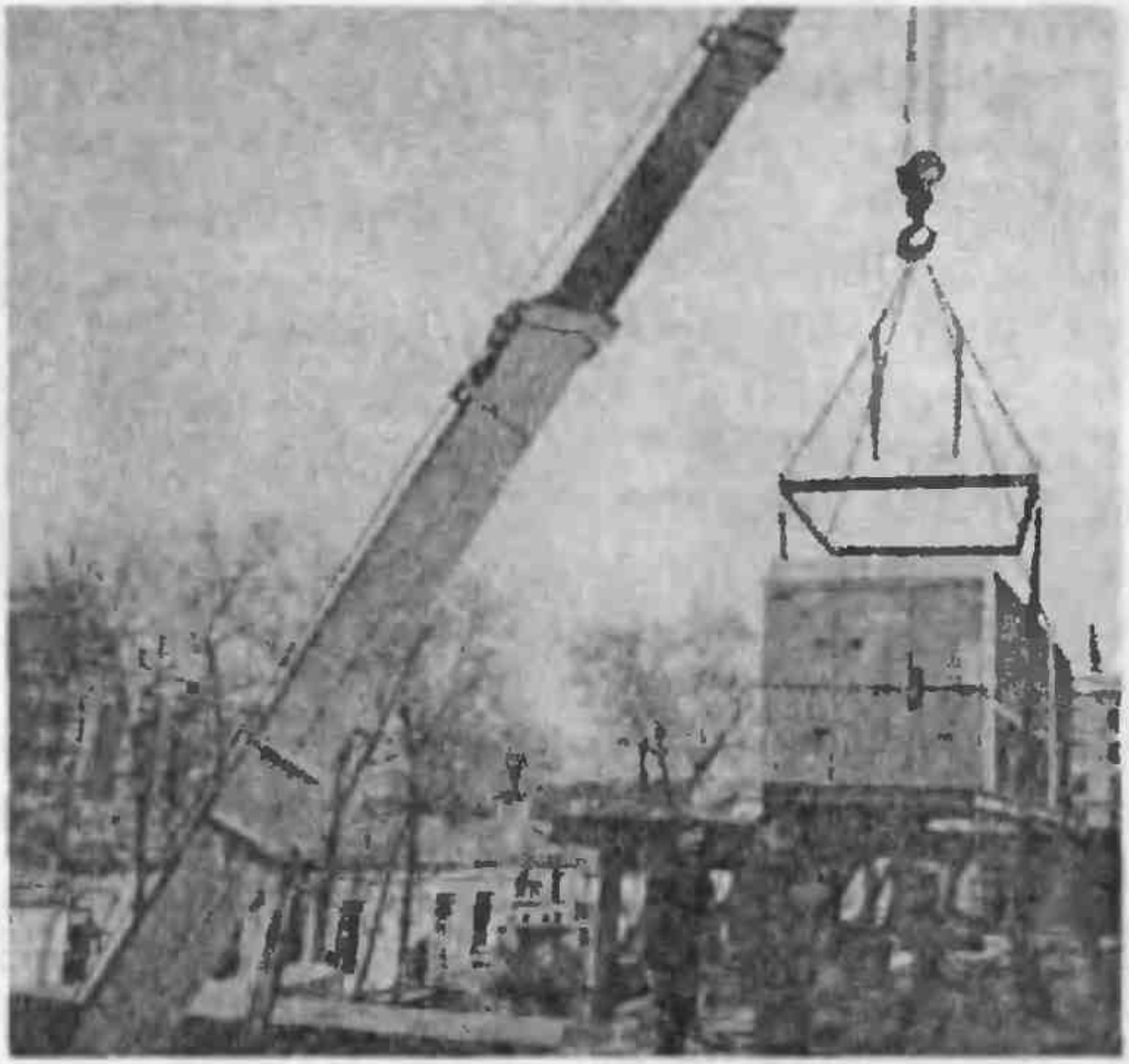


Рис. 1.57. Установка оборудования на крышу

Аппараты, располагаемые на улице, устанавливаются краном непосредственно на фундамент или раму, обычно этому ничто не мешает (рис. 1.57). Небольшие аппараты и агрегаты транспортируются автопогрузчиками на паллетах, ручными тележками или вручную.

Все сроки обязательств по поставкам надо умножить на коэффициент 2,0.

Универсальные законы
для молодых инженеров

1.5. КОМПЛЕКТНОСТЬ ПОСТАВКИ

Монтажнику холодильных установок необходимо знать о комплектности поставки оборудования, арматуры, приборов КИПиА. У каждого завода-изготовителя свои особенности, но есть основные положения, которые освещаются в этом разделе. Проектная документация должна содержать спецификации оборудования, изделий и материалов, сведения об особенностях поставляемого оборудования, но в этой документации нет возможности отразить ряд моментов.

Компрессорный, компрессорно-конденсаторный агрегаты поставляются в деревянном ящике, картонной коробке с деревянным основанием, стянутом стальной либо пластиковой лентой. Стальную ленту следует отгибать плоскогубцами, постепенно наматывая ленту на инструмент, сила стяжки весьма велика, лента бывает толщиной около 1 мм, другой инструмент практически бесполезен. Ящик обычно прошит малыми скобами, поэтому, прежде чем отламывать доски, необходимо удалить скобки гвоздодером. На основании компрессор или компрессорно-конденсаторный агрегат закреплены на стальных шпильках, заглубленных в дерево и зафиксированы шайбами и гайками.

Компрессорно-конденсаторные агрегаты поставляются с реле контроля смазки (к герметичному компрессору реле контроля смазки не поставляется), зачастую со сдвоенным защитным реле по давлению всасывания и нагнетания или только по давлению всасывания (рис. 1.58). Все большее распространение получают системы INT389R (контроль температуры обмоток, контроль перекоса и выпадения фаз, задержка на повторный пуск 5 мин, контроль температуры нагнетания) и INT69VS (контроль температуры обмоток). Прибор INT389R ранее ставился как опция лишь на некоторых компрессорах, в настоящее время он устанавливается как опция практически на всех производимых компрессорах, INT69VS или аналогичный прибор защиты от перегрева обмоток электродвигателя стоит на любом компрессоре как стандартно поставляемые в комплекте. Особенностью INT389R для российских условий является то, что перекос фаз, при котором он отключает питание, около 10 %, поэтому на крупных предприятиях с многочисленными потребителями электроэнергии компрессор может часто отключаться по перекосу фаз, что приведет к обратному эффекту, т. е. сгоранию обмоток электродвигателя. Российский прибор ЕЛ для контроля выпадения и перекоса фаз лишен этого недостатка, но большим недостатком является необходимость монтировать его в щите, а не в клеммной коробке компрессора.

Рис. 1.58. Компрессорно-конденсаторный агрегат «Bitzer»

Полугерметичные и сальниковые компрессорные аг-

регаты поставляются лишь с реле контроля смазки (обычно MP54 или 55 «Danfoss»), системой INT и виброопорами. Реле контроля смазки приходит внутри упаковки, в комплект входят стальные трубки с накидными гайками, рамка крепления, винты и инструкция с тремя типовыми вариантами установки реле. Система INT смонтирована внутри клеммной коробки компрессора и уже подсоединена к двигателю, там же в клеммной коробке находятся виброопоры. Клеммная коробка находится либо сверху на электродвигателе, либо на торце — у малых полугерметичных поршневых компрессоров, либо сбоку в нижней части кожуха — у герметичных. ТЭН подогрева картера ввинчен в картер, компрессор поставляется заправленный маслом. Иногда его уровень закрывает верхний уровень смотрового стекла, поэтому необходимо для определения уровня отвинтить пробку в картере и слить некоторое количество масла, пока не покажется верхний уровень. Пластиковая папка с запаянной информацией о компрессоре и заводской документацией крепится с внутренней стороны к коробке или вкладывается в клеммную коробку. Следует знать и учесть при запуске, что на всасывании и нагнетании компрессоров стоят алюминиевые заглушки.

Крупные винтовые компрессоры поставляются цельным агрегатом, куда кроме компрессора входят электродвигатель, масляный насос, маслоотделитель, маслоохладитель, щит управления, в случае охлаждаемого водой маслоохладителя водорегулирующий вентиль (рис. 1.59). В щит управления сведены сигналы от датчиков давления всасывания, нагнетания, температуры нагнетания, давления масла, температу-

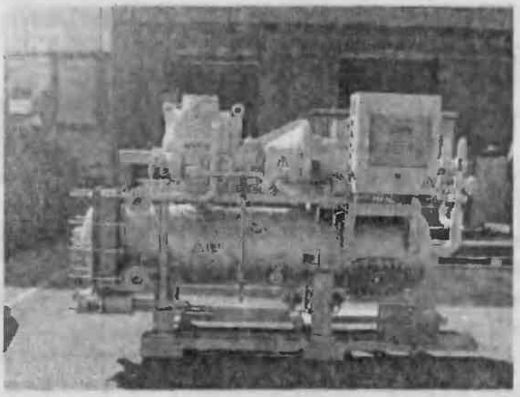


Рис. 1.59. Компрессорный агрегат «Mycom»

ры обмоток электродвигателя, управления ТЭНами подогрева маслоотделителя, контроля перепадов напряжения, выпадения фаз; вся информация выведена на жидкокристаллическом дисплее. Вся внутренняя электрическая разводка выполнена на заводе, приобретают лишь силовые кабели в клеммную коробку, закрепленную на электродвигателе сверху, и сигнальные кабели в щит, закрепленный сбоку рамы. Отдельно монтировать приходится лишь водорегулирующий вентиль. В комплект поставки не входят масло, холодильный агент, анкерные болты. Производители по желанию Заказчика поставляют виброопоры, полагая, что при хорошо залитом фундаменте их будет достаточно для гашения вибраций, но в России винтовые компрессоры закрепляют анкерными болтами.

Водоохлаждающая машина (чиллер) поставляется полностью агрегатированной, заправленной холодильным агентом и маслом, настроенной на необходимый заказчику режим, с комплектом документации и виброопорами. Однако случается чиллер поставляется по каким-то соображениям или недосмотру завода-изготовителя не заправленным холодильным агентом, его наличие можно определить по комплектным манометрам либо присоединив к сервисным штуцерам на компрессоре зарядный коллектор. Чиллер (рис. 1.60) имеет температуру окружающего воздуха, и, следовательно, если в систему заправлен холодильный агент, он имеет ту же температуру, манометр с двойной шкалой температуры и давления покажет ту же температуру и соответствующее давление. Ребра теплообменной поверхности от вмятин защищают картонные щиты, закрепленные прижимами на са-

Рис. 1.60. Чиллер производства «Aircool»

морезах, их следует снимать только после окончания монтажа.

Сплит-системы, моноблоки (рис. 1.61). Блок воздухоохладителя и компрессорно-конденсаторный блок сплит-системы поставляются в отдельной таре с деревянным дном. В комплект иногда входят до 15 м медной трубы, электрокабель, некоторые модели приходят заправленными холодильным агентом. Моноблоки заправлены хладагентом, приходят в картонных коробках.

Теплообменная аппаратура поставляется в деревянном ящике или на деревянной раме в плотном полиэтиленовом чехле, закрепленная стальными шпильками; документация прикреплена снаружи или изнутри к ящику или раме.

Выходные патрубки запаяны либо заварены. На патрубках хладагента на кожухотрубных аппаратах стоят алюминиевые заглушки, прижатые фланцами, на патрубках хладоносителя заглушки пластиковые. Внутри патрубков хладагента вложены мешочки с селикогелем.

Пластинчатые теплообменники поставляются без фланцев, гаек и прокладок, но со шпильками, в комплект входит крепежная рама. Воздухоохладители и конденсаторы поставляются без внутренней электрической разводки и зачастую без клеммных коробок, на всех современных двигателях есть датчик температуры обмоток. Ряд заводов-изготовителей предлагает несколько вариантов исполнения теплообменной поверхности: медные трубки — алюминиевые ребра, стальные оцинкованные трубки — стальные оцинкованные ребра, стальные с полимерным покрытием трубки — стальные с полимерным покрытием ребра, трубки из коррозионно-стойкой стали — ребра из коррозионно-стойкой стали или алюминия. Корпус также может быть выполнен из эмалированной стали, стали с полимерным покрытием и коррозионно-стойкой стали. К воздушным конденсаторам могут как опция поставляться ножки для установки в го-

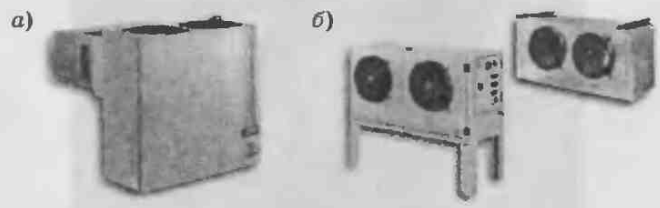


Рис. 1.61. Коммерческое холодильное оборудование: *а* — моноблок; *б* — сплит-система

а)

б)

в)

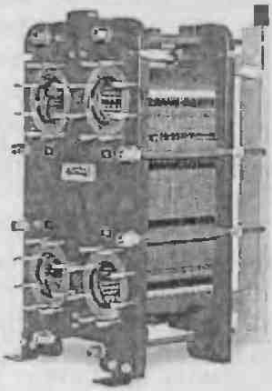


Рис. 1.62. Теплообменное оборудование: *а* — воздухоохладитель; *б* — кожухотрубный конденсатор; *в* — пластинчатый теплообменник

ризонтальном положении. Различное теплообменное оборудование представлено на рис. 1.62.

Ресиверы, маслосборники. Поставляются на деревянной раме и в полиэтиленовой упаковке или картонной коробке. Малые ресиверы имеют запорные стальные вентили под пайку, труба вставляется вовнутрь, крупные ресиверы запорной арматуры не имеют присоединительные штуцеры, выполнены под сварку или с фланцами. На малых ресиверах есть смотровые глазки, на крупных есть смотровые стекла (стекло Клингера).

Крупные ресиверы (рис. 1.63) имеют колонку и присоединительные патрубки для нее, на колонке смонтированы датчики уровня, колонка отсекается запорными вентилями, снизу имеет маслоспускной вентиль и вентиль, через который подается жидкий хладагент для проверки датчиков уровня. Крупные ресиверы имеют так называемую ревизию, заглушенный стоячок внизу, сбоку отбирается масло; поставляются с жидкостными стояками и без них. На крупных ресиверах и иногда на малых смонтированы предохранительные клапаны, на крупных ресиверах установлены

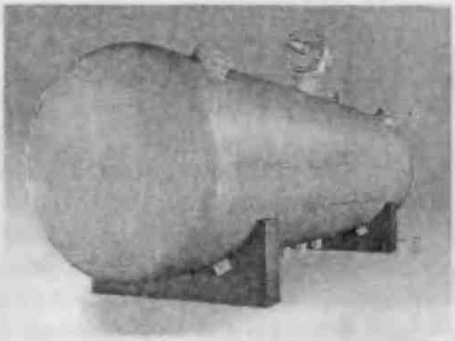


Рис. 1.63. Ресивер

манометры и люки для обслуживания не менее 400 мм диаметром. Все патрубки не отсекаемые запорной арматурой, отсечены глухими фланцами. Маслосборники поставляются с запорной арматурой и манометрами.

Насосы (рис. 1.64). Поставляются лишь с плитой основания или без нее. Ответные фланцы, паронитовые прокладки, болты, гайки и шайбы необходимо заказывать дополнительно, фланцы российского производства подходят к насосам европейского производства. Электродвигатель снабжен датчиком температуры обмоток.

Запорная фреоновая арматура поставляется в коробках с вложенной инструкцией, аммиачная, рассольная и для воды — в полиэтиленовой упаковке или без нее. Арматура для хладагентов имеет пластиковые заглушки. Защитные реле давления, реле температуры поставляются в коробках с трубками для присоединения к системе, рамками для крепления на щите и винтами; инструкции прилагаются.

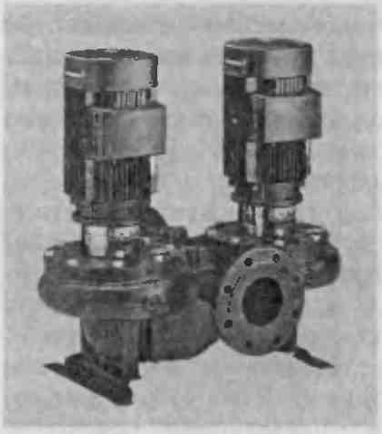


Рис. 1.64. Насос «Grundfos»

Соленоидные, пилотные и моторные вентили (рис. 1.65) поставляются в коробках, раздельно — катушки и моторные приводы, тело вентиля, фланцы, прокладки и шпильки; инструкции прилагаются. Малые ТРВ поставляют в сборе, крупные — в отдельных коробках: тело вентиля, верхняя часть с термобаллоном, вставка (дюза), крепеж; в коробку с инструкци-

ей вложен ключ для настройки ТРВ. Марка арматуры, прибора КИПиА вытиснена на его корпусе или шильде, направления потока, там где это имеет значение, показаны вытисненной стрелкой.

Рис. 1.65. Вентили с приводом

Медные трубы поставляются отожженными (в бухтах по 25–50 м) или не отожженными (в хлыстах по 5 м) с пластиковыми заглушками. Фитинги из меди поставляют в пластиковых пакетах по 10–20 шт. или в картонных коробках, фитинги большого диаметра поставляются без упаковки поштучно.

Стальные трубы поставляются как с пластиковыми заглушками, так и без них, иногда окрашенные, длиной от 6 до 12 м. Следует знать, что для температур ниже −30 °С применяют трубопроводы из сталей 10Г2С или более современной — 09Г2С, а для более высоких температур — из стали 20, причем марка стали никак не отражена на поверхности трубы. Поэтому, если в проекте заложены для различных температур разные стали, то следует либо замаркировать каждую трубу при разгрузке, либо держать их на отдельных складах.

Фасонные части трубопроводов, также как и трубопроводы, производят из стали 20 и 09ГС, что не отражено на поверхности, поэтому их, как и трубы, следует маркировать или держать отдельно. Фасонные части поставляются поштучно, без тары.

Зарубежные трубы поставляются окрашенные в бордовый цвет с пластиковыми заглушками желтого цвета, на поверхности нанесена марка стали St.35.8 либо St.45.8. Фасонные части зарубежного производства поставляются поштучно, без тары, на поверхности нанесены диаметр детали и марка материала.

Трубы из коррозионно-стойкой стали мало отличаются по условиям поставки от труб из черного металла. Пластиковые трубы поставляют в бухтах до 200 м и хлыстах различной длины, обычно 5–6 м. Различные трубы представлены на рис. 1.66, различные фитинги из меди показаны на рис. 1.67, различные фасонные части из стали приведены на рис. 1.68.

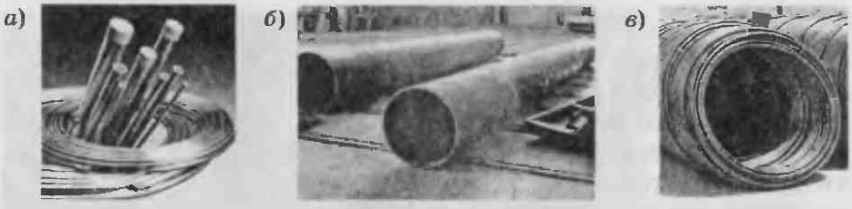


Рис. 1.66. Трубы: *а* — медные отожженные в бухтах и неотожженные в хлыстах; *б* — стальные для воды и хладоносителей; *в* — полиэтиленовые в бухтах

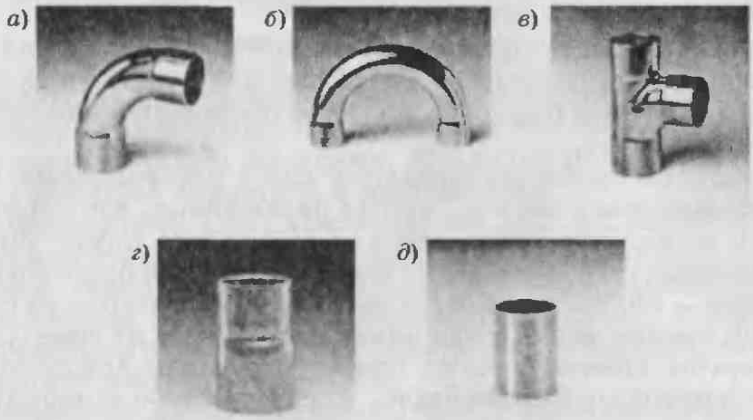


Рис. 1.67. Фитинги из меди марки CuDHP, под пайку по DIN 2856: *а* — угол 90 °; *б* — калач; *в* — тройник; *г* — переход; *д* — муфта

Рис. 1.68. Фасонные детали трубопроводов стальные бесшовные приварные по ГОСТ 17374–83, ..., ГОСТ 17380–83 и DIN 2605, ..., DIN 2615: *а* — отвод 90 °; *б* — тройник; *в* — переход концентрический; *г* — фланец

Трубы как медные, так и стальные выпускают в соответствии с государственными стандартами. Для холодильных систем отечественные медные трубы выпускаются по ГОСТ 617–90, импортные медные трубы — по DIN 8905 (ASTM B280) либо по заменяющему их EN 12 735-1. В бухтах выпускают медные трубы диаметром от $6 \times 1{,}0$ мм до $22 \times 1{,}0$ мм, в прямых отрезках (хлыстах) — от $6 \times 1{,}0$ до $108 \times 2{,}5$ мм и более, но использовать медные трубы с $Д_у >$ > 100 мм в холодильной технике нерентабельно, так как стоимость фитингов большого диаметра велика.

Стальные трубы бесшовные горячекатаные отечественные выпускаются по ГОСТ 8732 и ГОСТ 8734, либо более современному ГОСТ 8733. Импортные трубы из стали для холодильных систем выпускают по DIN 2448. В табл. 1.1 приведены данные по трубам из меди, пригодным для холодильных систем, в табл. 1.2 — по бесшовным трубам из стали, используемым для контуров холодильного агента и хладоносителя.

Трубы диаметрами $114 \times 4{,}0$ и $168 \times 6{,}0$ мм не рекомендованы отечественными производителями к использованию, но используются в холодильной технике, так как стальная приварная импортная арматура соответствует трубам диаметрами $114{,}3 \times 3{,}6$ и $168{,}3 \times 4{,}5$ мм.

Таблица 1.1

Характеристика медных труб для холодильных систем

Внешний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса погонного метра, кг
6	0,8 (1,0)	0,117 (0,139)
6,35	0,8	0,125
8	0,8 (1,0)	0,161 (0,195)
10	0,8 (1,0)	0,196 (0,251)
12	1,0	0,307
15	1,0	0,391
16	1,0	0,419
18	1,0	0,475
22	1,0	0,587
28	1,5	1,111
35	1,5	1,404
42	1,5	1,707
54	2,0	2,907
64	2,0	3,446
76,1	2,0	4,143
88,9	2,0	4,860
108	2,5	7,380

Таблица 1.2

Характеристика бесшовных стальных труб для контуров холодильного агента и хладоносителя

Условный проход, мм	Внешний диаметр по DIN 2448, мм	Толщина стенки по DIN 2448, мм	Внешний диаметр по ГОСТ 8733, мм	Толщина стенки по ГОСТ 8733, мм	Масса погонного метра по ГОСТ 8733, кг
6	10,2	1,8	10	1,6	–
8	13,5	1,8	14	1,6	0,33
10	17,2	2,0	16	2,0	0,49
15	21,3	2,3	22	2,0	0,65
20	26,9	2,6	25	2,0	0,92
25	33,7	2,6	32	2,5	1,48
32	42,4	2,6	42	3,0	1,78
40	48,3	2,6	48	3,0	2,62
50	60,3	2,9	60	3,0	4,62
65	76,1	2,9	76	3,5	6,26
80	88,9	3,2	89	3,5	7,38
100	–	–	108	4,0	10,26
100	114,3	3,6	114	4,0	9,90
125	139,7	4,0	133	4,0	12,73
150	–	–	159	4,5	17,15
150	168,3	4,5	168	6,0	18,1
200	219,1	6,3	219	8,0	36,60
250	273	6,3	273	8,0	52,28
300	323,9	7,1	325	8,0	62,54

Кабельная продукция поставляется в бухтах, обернутых полиэтиленом, или при большой длине и площади поперечного сечения — на катушках. На полиэтиленовой оболочке и на катушке закреплены этикетки с указанием марки кабеля, его длины, на многих кабелях марка вытеснена на изоляции по всей длине кабеля. При работе с кабелями больших площадей поперечного сечения следует предусмотреть устройства для размотки катушек и их подъема на эти устройства.

Холодильные агенты поставляются в баллонах, спецконтейнерах, канистрах, бочках, автоцистернах и железнодорожных цистернах. Баллоны для фреонов бывают одноразовые (от 7,5 до 50 кг), аммиак поставляется в баллонах объемом 40 дм^3.

На малых баллонах присоединительный штуцер имеет так называемую еврорезьбу, на больших — 3/4″. Спецконтейнеры (вмещающие 900–1000 кг фреона) имеют резьбу на присоединительном штуцере 3/4″, их нет необходимости переворачивать при заправке: от вентиля вниз ведет труба, поэтому при переворачивании труба от вентиля окажется

в паровой зоне. Следует изучить схему заправки из контейнера, в зимнее время предусмотреть его термостатирование матами из обогревающих кабелей.

В канистрах и бочках поставляются хладагенты, используемые также в качестве растворителей и хладоносителей. Аммиак поставляется в автоцистернах вместимостью 6 т и железнодорожных цистернах различной вместимости.

Присоединительные патрубки на цистернах разнообразны, они могут быть и муфтовыми и фланцевыми. Резьбы и форма посадочных поверхностей фланцев также отличаются большим разнообразием, поэтому при заправке крупных холодильных систем аммиаком следует предусмотреть возможность изготовления ответных частей по месту. Различные виды тары для холодильного агента и масла представлены на рис. 1.69.

Холодильные агенты изготавливают в России для внутреннего рынка и на экспорт, также поставляются импортные холодильные агенты. Ко всем холодильным агентам

Рис. 1.69. Упаковки для холодильного агента и масла: *а* — различные баллоны и контейнеры; *б* — различная тара для хладагента и масла; *в* — наиболее распространенный одноразовый баллон (13,4 кг) для R22; *г* — наиболее распространенная канистра для масла (1 л)

предъявляются высокие требования по чистоте самого агента и содержанию в нем воды. Наличие воды в аммиаке менее опасно, чем во фреонах, но также недопустимо. Аммиак изготавливают по ГОСТ 6221–90Е. Требования к фреонам приведены в табл. 1.3 Сведения об объемной доле основного компонента холодильного агента, объемной доле примесей, массовой доле воды указаны в сертификате качества или протоколе анализа показателей холодильного агента. Такие сертификаты или протоколы, где указаны номер партии, дата изготовления, тара по запросу, должны предоставлять распространители холодильного агента.

Масло поставляется в разнообразной таре вместимостью от 1 до 220 л. Это могут быть металлические банки, канистры, бочки. Особое внимание герметичности тары следует обращать при работе с полиолэстеровыми (полиэфирными) маслами для холодильных агентов типа R134a и R404a, хорошо впитывающими влагу из воздуха. Недопустимо перевозить масло для холодильных машин в таре из под другого масла, в негерметичной таре.

Масла отечественного производства выпускают для фреона R22 марки ХФ22 по ГОСТ 5546–86, для аммиака — марки ХА30 по ГОСТ 5546–86. Производители импортного компрессорного оборудования допускают применение отечественных холодильных масел для своего оборудования, но только в случаях реконструкции холодильной системы, когда в нереконструируемых частях установки сохраняется отечественное масло. Добавление в существующую систему масла следует проводить с особой тщательностью, при отсутствии данных нужно провести анализ масла, смешивать масла различных производителей или марок недопустимо. Так же надо учитывать совместимость масла с холо-

Таблица 1.3

Требования нормативной документации к качеству фреонов

Показатель	R22 (ГОСТ 8502–93)	R134a (ТУ 029-004800–94)	R404a	R507
Объемная доля основного компонента, %	99,9	99,9	99,5	99,5
Объемная доля примесей, %	0,1	0,1	0,1	0,1
Массовая доля воды, %	0,001 (0,006)	0,001 (0,007)	0,002	0,0015

Таблица 1.4

Марки масел для различных марок компрессоров

Компрессор	Изготовитель масла	Марка масла
«Bitzer»: поршневой	«Bitzer»	B 5.2; BSEZ 32
винтовой		B 100; BSE 170
«Mycom»	«Nippon»	Atmos 32; Atmos 56
	«Shell»	Klavus 46; Klavus 56
	«Esso»	Zerice 46
	«Mobil»	Arctic Gargoyle C; Arctic Gargoyle 300LD
	Россия	XA 30 (только для R717)
«Sabroe»	«Shell»	Klavus 46; Klavus 68
	«Mobile»	Arctic Gargoyle C; Arctic Gargoyle 300LD
	«Esso»	Zerice 46
	Россия	XA 30 (только для R717)

дильными агентами, материалом прокладок и уплотнений, наличием кислотных включений в пробе существующего масла. При строительстве новых холодильных установок следует использовать только рекомендованные производителем компрессорного оборудования масла, так как экономия на масле приведет к повышенному износу компрессора и быстрому выходу из строя. Не рекомендуется использование отечественного масла при температурах кипения ниже минус 20 °С. В табл. 1.4 приведен краткий список масел, рекомендованных для различных наиболее распространенных марок компрессоров.

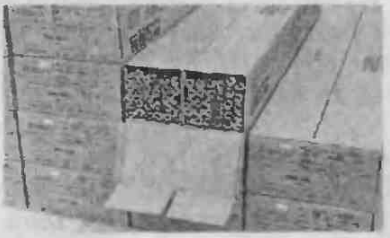
Хладоносители приготовляют по месту, растворяя в воде соли, пропилен или этиленгликоль, глицерин. Соль поставляют в мешках по 50 кг, гликоли и глицерин поставляют в концентрированном виде (95 % и 99 %) в бочках по 220 л и канистрах по 22 л. В концентрированном гликоле (99 %) не присутствуют антикоррозионные добавки, поэтому при использовании стальных трубопроводов следует у поставщиков гликоля приобрести и добавки, поставляемые в небольшой стеклянной таре. В 95%-ном гликоле антикоррозионные добавки введены. Изготовители гликолей снабжают производимые вещества подробными инструкциями по приготовлению раствора, обычно 28,8%-ного или 40%-ного.

Существуют уже приготовленные хладоносители, но стоимость их транспортировки на место сводит на нет все их преимущества. По внешнему виду гликоль слабомутная, бесцветная или желтоватая, немного маслянистая жидкость. Следует избегать проливов гликоля, поскольку он тяжело впитывается и долго испаряется. По стоимости пропиленгликоль дороже этиленгликоля. Изготавливают этиленгликоль 95,99%-ным по ГОСТ 19710–83Е; 99,8%-ный пропиленгликоль изготавливают по Ту 6-09-2434–81.

Глицерин в качестве хладоносителя применяют на предприятиях, где он используется в технологическом процессе. В последнее время появилось множество хладоносителей на основе ацетона и тому подобных составляющих. Такие хладоносители зарекомендовали себя как нестабильные, взрыво- и пожароопасные, токсичные, опасные в перевозке и хранении. Применения импортных хладоносителей, например типа фризиум, в условиях низкоквалифицированного обслуживающего персонала рекомендуется избегать.

Тепловая изоляция на основе вспененного каучука и полиэтилена поставляется в коробках. Трубки свернуты в бухты различной длины и уложены в картонные коробки длиной 2 м, пластины свернуты в рулоны и упакованы в картонные коробки, тепловая изоляция из минеральной ваты свернута в рулоны или представляет собой маты и плиты, поставляемые в полиэтиленовых пакетах. Хранение изоляции на основе вспененного каучука и полиэтилена даже в картонных коробках на улице недопустимо — воздействие

а)



б)

в)

Рис. 1.70. Упаковки тепловой изоляции: *а* — коробки с трубками из вспененного каучука длиной 2 м; *б* — рулон вспененного каучука; *в* — жестяные банки с клеем для вспененного каучука

Рис. 1.71. Упаковки минеральной ваты: *а* — маты «Isover»; *б* — плиты минеральной ваты; *в* — маты «Rockwool»; *г* — рулоны и маты «Ursa»

Рис. 1.72. Разгрузка сэндвич-панелей

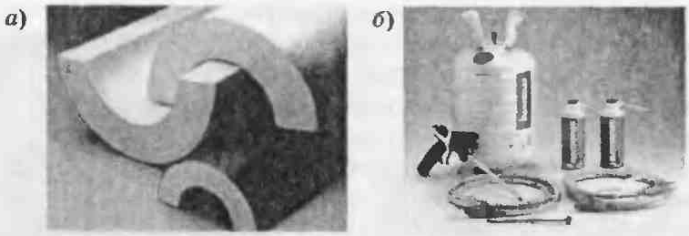


Рис. 1.73. Теплоизоляционные материалы: а — скорлупы из пенополиуретана; б — монтажная пена «Makroflex» в профессиональной упаковке

атмосферы, температур и особенно прямых солнечных лучей разрушает тепловую изоляцию.

Клей для вспененного каучука и полиэтилена поставляется в жестяных банках вместимостью от 1 до 5 л. Перевозка клея возможна только в отапливаемом транспорте, температуры ниже 10 °С разрушают его структуру. Толщина изоляции на основе вспененного каучука и полиэтилена бывает от 6 до 32 мм в трубках и от 6 до 50 мм в рулонах и матах. Различные виды изоляции, их упаковка представлены на рис. 1.70 и 1.71.

Плиты ПСБС уложены в штабели и запаяны в полиэтиленовую пленку. Часто ПСБС поставляется в кубах, это удобно, если на предприятии есть электролобзик и специалист по разрезке, в таком случае можно на месте изготавливать различные фасонные части для трубопроводов и арматуры.

Сэндвич-панели (рис. 1.72) поставляются в полиэтиленовой упаковке. Каждую панель необходимо при укладке в штабель прокладывать деревянной рейкой, не давая ей в середине провисать, также недопустимо хранение сэндвич-панелей на улице. Нередко применяют сэндвич-панели с утеплителем из минеральной ваты, хранение на улице в данном случае исключено — минеральная вата пропитается влагой и в низкотемпературной камере ограждения ее вспучит. Так как монтаж холодильных камер зачастую производят строители, не придающие значения специфике холодильного дела, следует проследить за условиями хранения и монтажа сэндвич-панелей с наполнителем из минеральной ваты.

Скорлупы из пенополиуретана поставляются без упаковки (рис. 1.73, *а*). Монтажные пены и герметики поставляются в баллонах вместимостью от 0,33 до 0,7 л. Профессиональная упаковка монтажной пены в баллонах аналогична 13-килограммовой упаковке фреона (рис. 1.73, *б*).

Всегда не хватает времени, чтобы выполнить работу как надо, но на то, чтобы ее переделать, время находится.

Закон Мескимена

Глава 2

МОНТАЖ

Завершив подготовительные операции, в ходе которых были согласованы места возможных несоответствий в монтажных чертежах, получены инструкции заводов-изготовителей по монтажу, разрешение от руководства предприятия на сварочные и паечные работы, монтажники прошли инструктаж по технике безопасности и первой помощи при травмах, завезены на объект оборудование, трубопроводы, арматура, инструменты, получены помещения для раздевалок, можно приступать к монтажу. Начальнику монтажа следует в зависимости от размеров объекта иметь автотранспорт для поездок на склады и в магазины, так как в процессе монтажа обязательно возникнет такая потребность. Можно рекомендовать для перевозки оборудования, задержавшегося в пути или требующегося временно (например, воздушный компрессор), грузовой автомобиль объекта — обычно крупные предприятия идут на встречу холодильщикам и выделяют для таких целей машину из своего парка. Микроавтобусы идеально подходят при монтаже небольших холодильных установок, в них можно перевозить медные трубопроводы длиной до 5 м, небольшие компрессорные агрегаты и теплообменное оборудование. При монтаже фреоновых холодильных машин следует особое внимание уделить паечным постам и методам работы с медной трубой, при монтаже аммиачных — сварочным аппаратам, отрезным машинам, газовой резке и методам работы со стальной трубой.

2.1. АГРЕГАТЫ И АППАРАТЫ

Вначале рассмотрим ряд принципиальных схем, позволяющих показать холодильную установку в целом. Холодильная установка состоит из ряда обязательных элементов, таких как: компрессор, испаритель, конденсатор и дрос-

селирующий орган (терморегулирующий вентиль ТРВ). Затем при более сложных схемах могут появляться насосы для холодильного агента (при насосной схеме), насосы для воды (при использовании градирни, испарительного конденсатора, охлаждаемого водой конденсатора или маслоохладителя), экономайзеры, драйкулеры и т. д.

На рис. 2.1 представлена принципиальная схема фреоновой холодильной установки, где показаны ее основные элементы. Для удобства восприятия условные обозначения агрегатов и аппаратов заменены фотографиями, вспомогательные процессы и часть приборов автоматизации не показаны.

На схеме показаны два винтовых компрессора, которые осуществляют сжатие и нагнетание паров холодильного агента в конденсатор. Они оборудованы манометрами, показывающими давление всасывания и давление нагнетания, и реле давления, защищающим компрессор от падения давления всасывания и превышения давления нагнетания. На схеме показаны винтовые компрессоры. Все поршневые компрессоры, кроме герметичных и ряда полугерметичных моделей, комплектуются реле контроля смазки. Это реле контролирует работу насоса для масла, которым осуществляется смазка компрессора, при недостаточном напоре масла реле отключает компрессор. Так как компрессоры работают параллельно, каждый компрессор снабжен обратным клапаном, он предназначен для того, чтобы при работе только одним компрессором через рабочие полости второго не происходило передавливания на сторону всасывания паров холодильного агента.

На нагнетательном трубопроводе, после компрессора, перед конденсатором устанавливают маслоотделитель. На большинстве современных винтовых компрессоров маслоотделитель уже встроен в корпус, но, как правило, устанавливают дополнительный общий маслоотделитель. Он позволяет предотвратить попадание масла в испарительную систему, откуда масло сложно вернуть.

Для того чтобы охладить масло от высокой температуры, до которой оно нагрелось при контакте с парами холодильного агента и частями компрессора, используют маслоохладитель. На схеме показано наиболее простое и распространенное решение с использованием драйкулера в качестве маслоохладителя. Масло подается в теплообменник с вентиляторами, где и охлаждается, однако данная схема имеет ряд недостатков. Используют также схемы с промежуточ-

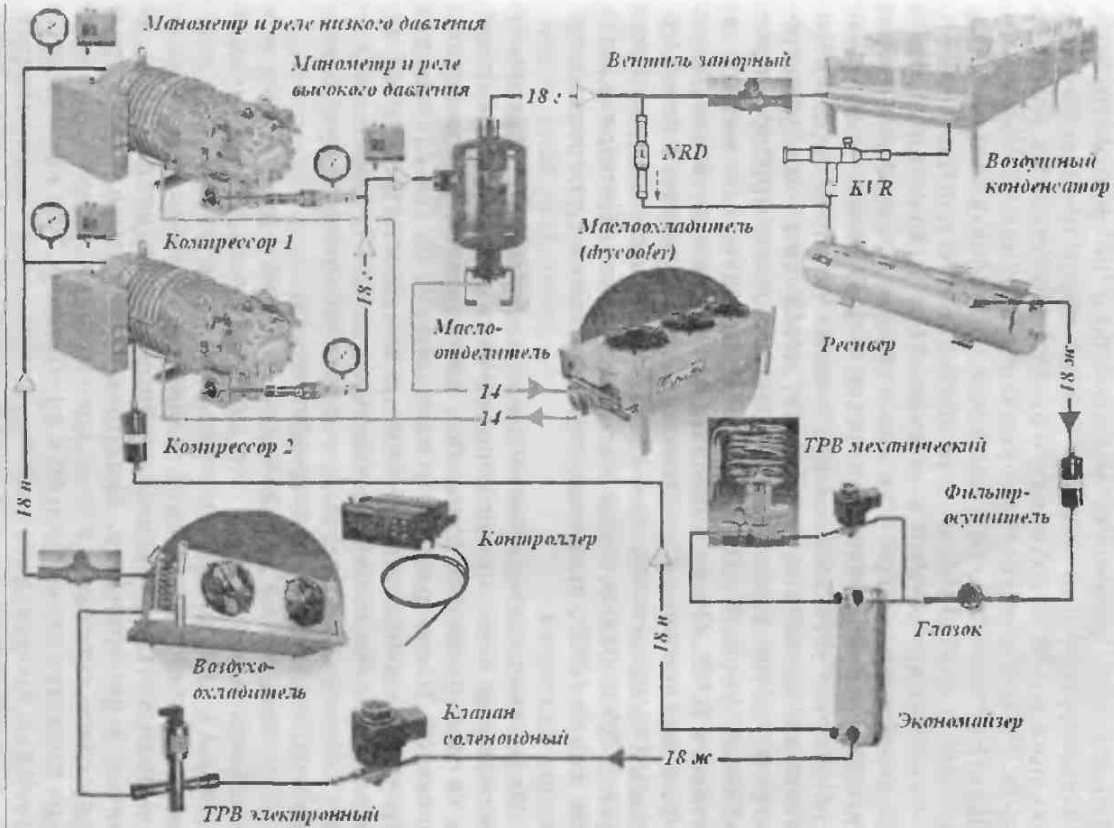


Рис. 2.1. Принципиальная схема фреоновой холодильной установки

ным хладоносителем, водяным масоохладителем и термосифонным охладителем масла.

Конденсатор на схеме показан воздушного охлаждения, применять кожухотрубные конденсаторы для фреоновых холодильных установок настоятельно не рекомендуется. В конденсаторе при помощи вентиляторов происходит конденсация паров холодильного агента, нагнетаемых компрессором. Работа вентиляторов конденсатора, как правило, регулируется с помощью реле давления, установленного на нагнетательном трубопроводе, или специального контроллера.

Сконденсированный в конденсаторе холодильный агент собирается в ресивере. Так как в зимнее время температура в конденсаторе может быть значительно ниже, чем в ресивере, обычно устанавливаемом рядом с компрессором в отапливаемом машинном отделении, необходимо предусматривать регулятор давления конденсации. Этот прибор, производимый фирмой «Danfoss», обычно называют маркой из каталога KVR. Он не позволяет холодильному агенту перетечь в зимнее время из более теплого ресивера в более холодный конденсатор, тем самым создавая сложности при пуске. KVR обязательно комплектуется обратным клапаном марки NRD, выпускаемым специально для этого регулятора давления.

Из ресивера холодильный агент поступает к фильтру-осушителю, где агент при помощи вставки осушается, очищается от механических примесей, фильтруется от кислотных примесей. После фильтра установлен смотровой глазок, при недостатке холодильного агента в нем просматриваются пузыри. В глазке встроен индикатор влаги: зеленый цвет — влага отсутствует, желтый — в системе присутствует влага, необходимо менять фильтр-осушитель.

Для увеличения холодильной мощности применяют экономайзер, как правило, это пластинчатый теплообменник (рис. 2.1), однако встречаются кожухотрубные. Часть жидкости отбирается из общей жидкостной линии и через соленоидный вентиль и терморегулирующий вентиль (ТРВ) подается в экономайзер. Выкипающий холодильный агент охлаждает основной поток холодильного агента и в виде пара подается через фильтр в компрессор. Так как при этом объемная производительность компрессора увеличивается, то увеличивается холодильная мощность. На схеме показан механический ТРВ, однако для этих целей может устанавливаться электронный ТРВ.

Охлажденный основной поток поступает через отсечной соленоидный клапан к основному ТРВ. Отсечной клапан

необходим для того, чтобы при остановках холодильной установки разделять стороны высокого и низкого давления. На схеме показан электронный ТРВ, получающий все большее распространение как в крупных, так и в малых холодильных установках. В терморегулирующем вентиле происходит дросселирование холодильного агента.

Из ТРВ холодильный агент поступает в испаритель, на данной схеме это воздухоохладитель. В испарителе холодильный агент кипит и охлаждает воздух холодильной камеры. Вентиляторы воздухоохладителя обеспечивают циркуляцию воздуха в камере и продув отепленного воздуха через теплообменный блок воздухоохладителя. Работой воздухоохладителя и компрессоров на данной схеме управляет основной контроллер, по температуре — в холодильной камере. На фотографии контроллера показан термодатчик, закрепляемый в холодильной камере. Воздухоохладители и конденсаторы, особенно при протяженных трубопроводах, следует оснащать запорными вентилями, чтобы при аварийных ситуациях иметь возможность отсечь блок холодильной установки, сохранив тем самым холодильный агент и возможность замены поврежденного элемента без остановки всей установки.

Из испарительной системы холодильный агент всасывается компрессором, и холодильный цикл повторяется. В кратком изложении так работает наиболее просто устроенная фреоновая холодильная установка.

На рис. 2.2 показана принципиальная схема аммиачной холодильной установки. Крупные фреоновые холодильные установки строятся по аналогичному принципу, однако схема насосной подачи холодильного агента, представленная на рис. 2.2, для фреоновых установок не характерна. Для того чтобы показать наибольшее число элементов, в схеме представлены градирня, охлаждающая маслоохладитель, испарительный конденсатор с вынесенным насосом, схема насосная с промежуточным хладоносителем, с пластинчатым испарителем и воздухоохладителем. Как правило, схемы холодильных установок менее сложны, однако холодильные установки на несколько температур кипения с большим числом разнообразных потребителей гораздо более усложнены. Для удобства восприятия на схеме, приведенной на рис. 2.2, не показаны вспомогательные процессы и аппараты.

Компрессорный агрегат сжимает холодильный агент и нагнетает его в конденсатор. В отличие от малых фреоно-

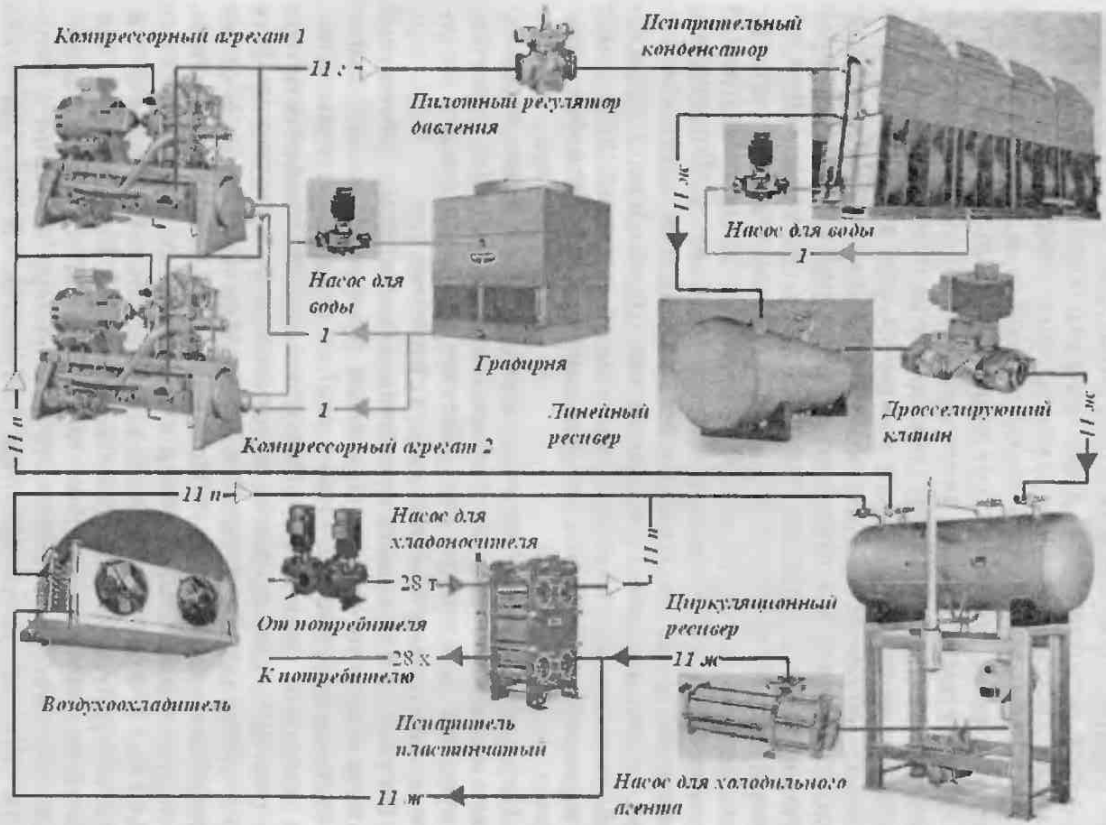


Рис. 2.2. Принципиальная схема аммиачной холодильной установки

вых установок здесь применяется именно компрессорный агрегат, включающий в себя компрессор, встроенный маслоотделитель, маслоохладитель, насос для масла, экономайзер, щит управления. Контроллер на щите отображает данные от датчиков давления, установленных на всасывающем и нагнетательном трубопроводе, производит управление разгрузочным и регулирующим производительность поршнями и управляет системой смазки и др. Экономайзер поставляется опционально, подключается аналогично показанному на рис. 2.1, бывает как кожухотрубным, так и пластинчатым. Маслоохладитель рекомендуется всегда устраивать с термосифонным охлаждением, когда часть холодильного агента из линейного или специального термосифонного ресивера отбирается и подается в маслоохладитель компрессорного агрегата. В данном случае показана нередко применяемая схема с охлаждаемым водой маслоохладителем, вода при этом охлаждается в градирне, что влечет за собой трудности в эксплуатации градирни в зимнее время, зарастание маслоохладителя водяным камнем и т. д. Компрессорные агрегаты, как правило, оборудованы запорными вентилями и обратными клапанами на всасывании и нагнетании, фильтром на всасывании. Дополнительный обратный клапан на нагнетательной линии устанавливать в таком случае нет необходимости при работе двух и более компрессорных агрегатов на один нагнетательный коллектор.

Градирня применяется для охлаждения воды, в данном случае для маслоохладителя, чаще для кожухотрубных конденсаторов и технологических аппаратов. Насос в данном случае показан вынесенным. Градирни могут поставляться со встроенным насосом.

Конденсатор показан испарительный, с подачей насосом воды на форсунки. Насос также показан выносной. Поставляются конденсаторы со встроенными насосами. На нагнетательном трубопроводе показан пилотный регулятор давления, выполняющий функции регулирования давления конденсации в зимнее время (аналог KVR + NRD). Сконденсированный холодильный агент из конденсатора попадает в линейный ресивер. Из линейного ресивера холодильный агент поступает в циркуляционный ресивер.

Перед входом в циркуляционный ресивер холодильный агент дросселируется в регулирующем клапане до температуры кипения. Показан электронный дросселирующий клапан, он, как правило, дублируется ручным регулирующим вентилем. Из циркуляционного ресивера холодильный агент

с необходимой температурой по стояку забирается насосом и подается в испарительную систему.

Для наглядности приведены два типа испарителей, работающих на одну температуру кипения. Холодильный агент, подаваемый в воздухоохладитель, испаряется и в виде пара или парожидкостной смеси возвращается в циркуляционный ресивер.

Холодильный агент, подаваемый в пластинчатый испаритель, охлаждает промежуточный хладоноситель. Редко для тех же целей в аммиачных установках применяется кожухотрубный испаритель, для фреоновых холодильных установок кожухотрубные испарители более распространены. Холодильный агент выкипает в испарителе, охлаждает хладоноситель и поступает в виде пара в циркуляционный ресивер. Хладоноситель прокачивается насосом через испаритель и подается на потребитель, например на технологический аппарат или охлаждаемый хладоносителем воздухоохладитель.

Пары холодильного агента из циркуляционного ресивера всасываются компрессорным агрегатом. Нередко на всасывающей магистрали применяют отделитель жидкости. Холодильный цикл повторяется.

Такой в кратком изложении является довольно простая принципиальная схема аммиачной и крупной фреоновой холодильной установки. Как правило, холодильные схемы на несколько температур кипения, с большим числом разнообразных потребителей, автоматизацией всех вспомогательных процессов сложнее.

Монтаж компрессорных агрегатов и различной теплообменной аппаратуры независимо от размеров и конструкции имеет ряд общих положений и некоторые особенности, которые будут изложены в следующих разделах.

Для аммиачных холодильных предприятий существуют правила по расположению оборудования, которых следует по возможности придерживаться и при монтаже фреонового оборудования. Главный проход для обслуживания оборудования не менее 1,5 м, между выступающими частями оборудования — не менее 1 м при мощности электродвигателя до 55 кВт и 1,5 м — при мощности более 55 кВт. От оборудования до колонн расстояние должно быть не менее 0,7 м, до стен — не менее 1 м. Так же следует учитывать необходимость демонтажа элементов холодильной установки. Полугерметичные и герметичные компрессоры должны иметь возможность демонтажа для ремонта или замены,

ТЭНы обогрева картера не должны закрываться элементами рамы или другими препятствиями.

Электродвигатели крупных компрессорных и насосных агрегатов имеют большую массу, и следует учитывать подъезд погрузчиков или перемещения кран-балки. Конденсаторы воздушного охлаждения и испарительные конденсаторы, градирни запрещено устанавливать в нишах и под навесами, которые препятствуют циркуляции воздуха; выбросы пыли и расположение поблизости вытяжек с горячим воздухом недопустимы. Воздухоохладители не следует располагать без рекомендованного производителем отступа от стены.

Все трубопроводы должны быть жестко закреплены, особенно это относится к нагнетательным трубопроводам, не должны располагаться вблизи друг друга, тем более соприкасаться, так как в течение времени от трения произойдет утечка. Все импульсные и капиллярные трубки должны монтироваться с компенсационными кольцами, не должны соприкасаться с другим оборудованием либо должны закрепляться к нему хомутами с мягкой прокладкой, стойкой к истиранию. Щит управления не следует закреплять к раме агрегата, так как со временем от вибрации гайки, закрепляющие шины, ослабляются, в щите выпадают закрепляющие винты и может произойти авария.

При паечных, сварочных работах, резке металла газом и абразивным кругом необходимо учитывать, что искры, брызги металла и пламя горелки и резака могут повредить приборы автоматизации, имеющие пластиковый корпус, и жидкокристаллические мониторы. Перед работами все повреждаемые элементы следует закрыть экранами или демонтировать. Запорная арматура должна иметь возможность свободного доступа к маховикам и рукоятям, повороту рукоятей и отвинчиванию колпачков ничто не должно мешать. Следует при прокладке трубопроводов учитывать необходимое пространство для фланцев и тепловой изоляции.

2.1.1. КОМПРЕССОРЫ И КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ АГРЕГАТЫ

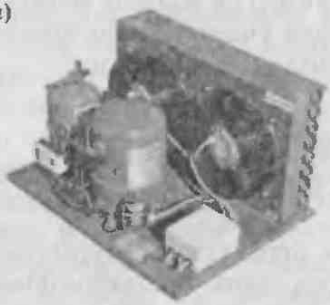
Разделим компрессорные агрегаты на герметичные, полугерметичные и открытого типа (сальниковые). Каждый тип компрессорных агрегатов отличается по особенностям монтажа, поэтому заслуживает отдельного рассмотрения.

Герметичные компрессоры, как правило, объединяют в так называемые централи от двух до четырнадцати компрессоров, эффективно работать могут не более четырех компрессоров в централи. Компрессорно-конденсаторные агрегаты с герметичными компрессорами устанавливают отдельно и не объединяют между собой (рис. 2.3, *а*). Герметичные компрессоры имеют сравнительно небольшую массу, их устанавливают вручную, централи требуют применения погрузчиков. На рис. 2.3, *б* показана централь на базе спиральных компрессоров Copland, применяемая в супермаркетах и небольших пищевых производствах.

К раме компрессоры закрепляют болтами с резиновыми прокладками. На компрессорах выполнены всасывающие и нагнетательные вентили, закрепляющиеся на накидной гайке, всасывающий и нагнетательный трубопроводы припаивают к вентилям.

Полугерметичные компрессоры и компрессорно-конденсаторные агрегаты (рис. 2.4) устанавливают вручную, погрузчиками, при помощи лебедок, талей и кранов. Полугерметичные компрессоры устанавливают обычно на металлической раме или фундаменте на пружинные виброопоры либо резиновые башмаки, поставляемые в комплекте с агрегатом (рис. 2.5, *а*). Это необходимо для гашения вибраций, возникающих при работе компрессора, поршневые компрессоры имеют наибольшие вибрации при работе, винтовые и спиральные — меньшие. Некоторые производители, особенно для многоцилиндровых поршневых и малых винтовых компрессоров, требуют закреплять их болтами с небольшими резиновыми проставками или без них к раме либо анкерными болтами на фундаменте. Компрессорно-конденсаторные

а)



б)

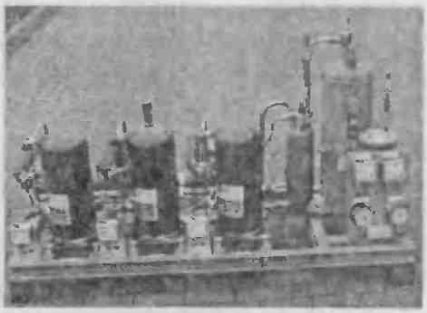


Рис. 2.3. Смонтированные герметичные компрессоры: *а* — компрессорно-конденсаторный агрегат на базе компрессора «Maneurop»; *б* — централь на базе герметичных спиральных компрессоров «Copland»

а)

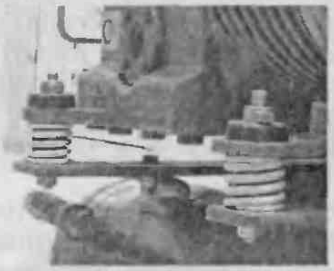
б)

Рис. 2.4. Компрессорное оборудование «Bitzer»: *а* — компрессорно-конденсаторный агрегат; *б* — всасывание и нагнетание компрессора (всасывание изолировано, на нагнетании установлен обратный клапан)

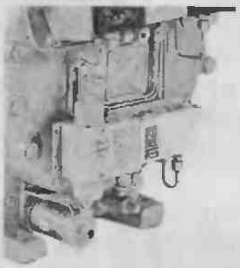
агрегаты поставляют на раме, где уже на виброопорах закреплен компрессор, и саму раму необходимо лишь зафиксировать болтами к металлоконструкции или фундаменту.

Всасывающие и нагнетательные трубопроводы у фреоновых компрессоров припаивают, вставляя внутрь стального патрубка. На всасывании и нагнетании патрубок крепится накидной гайкой или фланцем, внутрь вставлена алюминиевая заглушка, после пайки ее необходимо извлечь. На компрессорах малой производительности патрубки медные или омедненные, вентили ввинчены в корпус, заглушки лишь

а)



б)



в)

Рис. 2.5. Комплект поставки: *а* — виброопора; *б* — реле контроля смазки MP55 и реле низкого давления; *в* — ТЭН обогрева картера

пластиковые снаружи. Следует учесть, что всасывающие коллекторы крупных многокомпрессорных агрегатов изготавливают из стали, зачастую можно встретить агрегаты немецкого производства с коллекторами из коррозионностойкой стали. Всасывающий коллектор покрыт тепловой изоляцией.

На поршневой полугерметичный компрессор реле контроля смазки MP 54 (55) «Danfoss» крепится на рамке, поставляемой в комплекте, рамка закрепляется на компрессоре винтами крышки картера, присоединение реле контроля смазки осуществляется стальными трубками с накидными гайками через штуцеры, предусмотренные на компрессоре. В инструкции по установке реле описаны и другие способы установки (рис. 2.5, *б*). Встраивают ТЭНы обогрева картера (рис. 2.5, *в*).

Для полугерметичных компрессоров как поршневых, так и винтовых характерно объединение в централи. Как правило, более четырех компрессоров централи не производят, как исключение встречаются пятикомпрессорные, однако рама таких конструкций становится негабаритной и затруднена как транспортировка, так и монтаж. Современные винтовые компрессоры со встроенным маслоотделителем также имеют большие размеры и массу (рис. 2.6), это следует учитывать при монтаже.

Винтовые и поршневые сальниковые компрессорные агрегаты (рис. 2.7, *а*) состоят из собственно компрессора, электродвигателя, муфты, их связывающей, и рамы, на которой они крепятся вместе со вспомогательными аппаратами и механизмами. От точности центровки муфты зависит срок службы сальника, подшипников компрессора и электродвигателя.

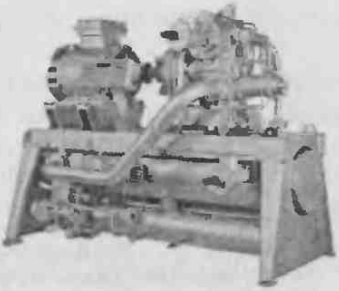
Рамы крупных винтовых компрессорных агрегатов по рекомендациям заводов-изготовителей нет необходимости закреплять на фундаменте анкерными болтами или ставить на виброопоры, но в России принято крепить их анкерными болтами из соображений надежности. Следует при монтаже тщательно разметить фундаментную плиту перед засверливанием отверстий под анкерные болты. У строителей еще популярна методика закладывать опорные болты при бетонировании фундаментного основания, но такого способа следует избегать как устаревшего. Отверстия под опорные болты следует проделывать перфоратором по месту, используя отверстия компрессора как кондуктор, либо по разметке плиты. По возможности при бетонировании следует предусмот-

Рис. 2.6. Тепловой насос производства «Aircool»

реть отсутствие арматуры в местах расположения анкерных болтов, однако мощные перфораторы легко проходят арматуру. Поставщики крупных винтовых компрессорных агрегатов комплектуют свою продукцию виброопорами по желанию Заказчика (рис. 2.7, *б*).

Нагнетательные и всасывающие трубопроводы аммиачных компрессоров приваривают двумя швами встык: первый шов аргонодуговой сваркой, второй — ручной дуговой

а)



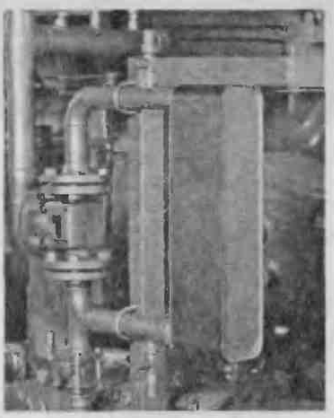
б)

Рис. 2.7. Компрессорные агрегаты «Sabroe»: *а* — комплект поставки SAB163; *б* — обвязанный трубопроводами агрегат; видны виброопоры и покровная полиэтиленовая пленка

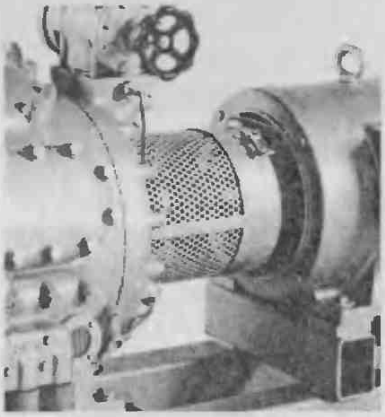
сваркой. К маслоохладителю винтовых компрессоров подводится в зависимости от конструкции жидкий холодильный агент или вода. На трубопроводе подачи воды требуется монтировать водорегулирующий вентиль. К поршневым компрессорам, имеющим охлаждающие рубашки, подводится трубопровод подачи воды. Всасывающий трубопровод покрывается тепловой изоляцией.

В компрессорные агрегаты встроен как опция экономайзер, он может быть кожухотрубным и пластинчатым (рис. 2.8, *а*). Соединительные муфты оборудованы защитой персонала (рис. 2.8, *б*). Современные крупные компрессорные агрегаты оснащены предохранительными клапанами — как фреоновыми, так и аммиачными (рис. 2.8, *в*). На фреоновых присоединение аварийного трубопровода к предохранительному клапану может быть паяное, сварное, муфтовое и фланцевое, на аммиачных машинах — только сварное и фланцевое.

а)



б)



в)

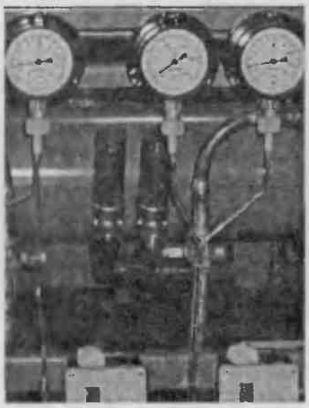


Рис. 2.8. Комплект поставки компрессора: *а* — экономайзер; *б* — соединительная муфта (с защитной сеткой); *в* — сдвоенный предохранительный клапан

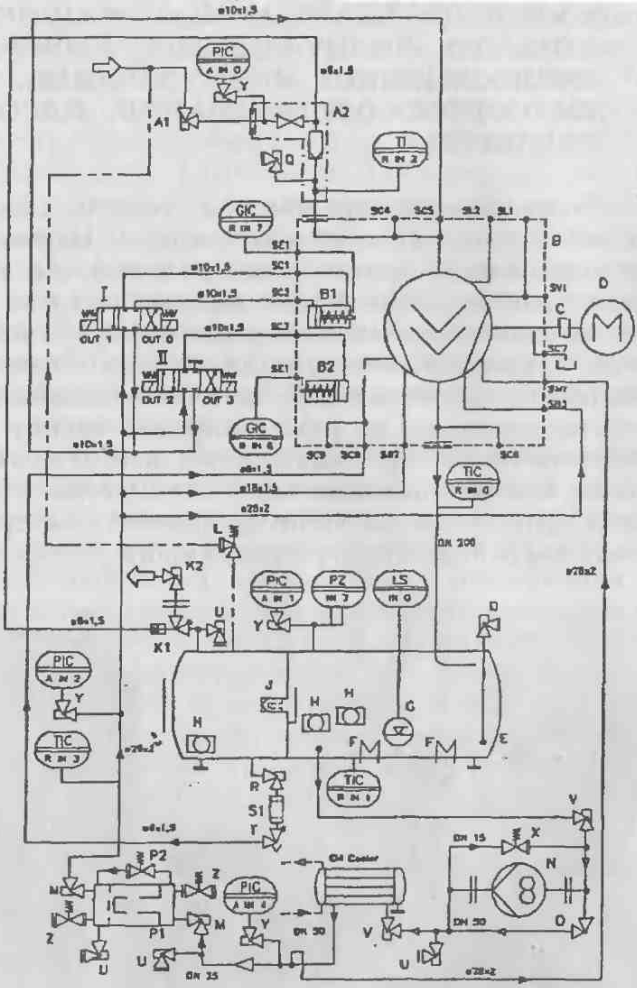


Рис. 2.9. Схема винтового компрессорного агрегата

Современные компрессорные агрегаты представляют собой целый комплекс взаимосвязанных аппаратов и агрегатов, поэтому к ним прилагается принципиальная схема устройства компрессорного агрегата. На рис. 2.9 показан пример принципиальной схемы винтового компрессорного агрегата. Схема выполнена на заводе-изготовителе в Дании, поэтому обозначения на схеме представлены, как принято в европейских странах. Как правило, все крупные компрессорные агрегаты имеют аналогичные принципиальные схемы.

2.1.2. ВОДООХЛАЖДАЮЩАЯ МАШИНА (ЧИЛЛЕР), СПЛИТ-СИСТЕМА, МОНОБЛОК, ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЕМКОСТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, НАСОС, ГРАДИРНЯ

Водоохлаждающая машина (чиллер) имеет высокую степень готовности к использованию. Чиллер состоит из агрегатированной холодильной машины; по желанию Заказчика производитель может на раме чиллера скомпоновать и все элементы схемы хладоносителя, включив силовую часть, средства автоматизации насосов и баков в щит чиллера. Малые чиллеры могут быть погодозащищенными, т. е. смонтированными на раме, закрытой сверху коробом из оцинкованной, эмалированной или с полимерным покрытием стали, или устанавливаемыми в помещении без такого кожуха (рис. 2.10). Заливки фундамента не требуется, достаточно закрепить чиллер при помощи болтов к метал-

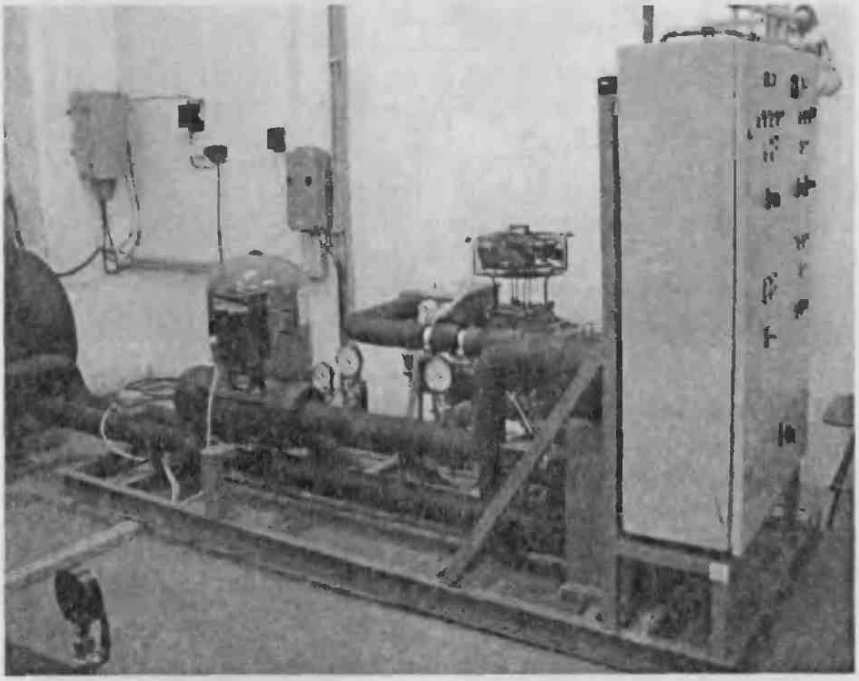


Рис. 2.10. Чиллер производства «Aircool»; на раме смонтирован компрессор, насос, расширительный бак, щит управления, на объекте достаточно подать питание и присоединить трубопроводы

лической раме. Погодозащищенные исполнения обычно устанавливают на крыше, раму ставят на металлический лист, распределяющий нагрузку по поверхности кровли. Обычно диаметры патрубков хладоносителя таких чиллеров невелики, поэтому всю систему хладоносителя собирают на муфтовых соединениях. Поставляют чиллеры, как уже упоминалось, заправленными холодильным агентом и маслом, настроенными на необходимый рабочий режим, иногда требуется заправка или дозаправка холодильным агентом — некоторые заводы не заправляют чиллеры или заправляют не полностью. Комплектация может меняться в зависимости от пожеланий Заказчика (марка компрессора, марка и тип теплообменников, насосов, изготовители средств автоматизации и составляющих щита).

Обычно крупный чиллер представляет собой погодозащищенный кожух (при установке в помещении без него), сбоку в котором располагаются компрессоры, внизу посередине — испаритель, сверху — конденсатор (рис. 2.11). Конденсатор может быть выносным, обычно такая конструкция характерна для устанавливаемых в помещении чиллеров. Воздух встроенными воздушными конденсаторами забирается сбоку чиллера и выбрасывается вверх. Выносные конденсаторы весьма разнообразны по конструкции. Чиллер большой производительности вне зависимости от типа применяемых компрессоров, не требует закрепления анкерными болтами к фундаменту, используют лишь виброопоры. По рекомендациям заводов-изготовителей не требуется даже фундамент, достаточно иметь ровную твердую поверхность, но в России принято ставить крупные чиллеры на фундамент.

Виброопоры несут различную нагрузку, так как часть, где расположены компрессоры, гораздо тяжелее противополож-

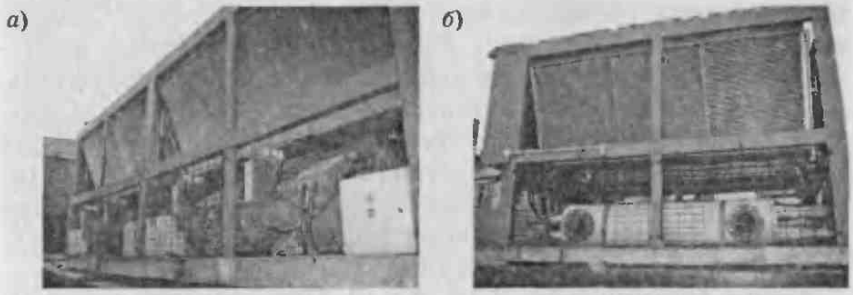


Рис. 2.11. Чиллер в погодозащищенном исполнении с V-образным конденсатором: *а* — вид со стороны компрессоров; *б* — вид со стороны испарителя; трубопроводы хладоносителя не присоединены

ной, поэтому пружины виброопор под компрессорами самые мощные, затем более слабые и на противоположном конце самые слабые. Они имеют различные цвета, для того чтобы их не путать, в инструкции по установке цвета расписаны и показаны места установки виброопор, к чиллеру они крепятся винтами. Желательно виброопоры смонтировать до установки чиллера на фундамент, так как применять домкраты для подъема рамы чиллера запрещается — рама собрана на винтах и может быть деформирована домкратом.

В инструкциях по установке оговариваются расстояние до стен, высота ниш, в которых можно устанавливать агрегат, так как потолок ниши может мешать выбросу воздуха вверх через конденсатор. К испарителю чиллера необходимо подвести трубопроводы хладоносителя, испаритель уже теплоизолирован, его патрубки заглушены пластиковыми заглушками, на патрубках нарезана резьба, которую при использовании фланцевого соединения срезают. Обычно патрубки хладоносителя расположены сбоку, но существуют модели с торцевым расположением патрубков, причем вход может находиться в одном торце, выход — из другого. В трубопроводы подачи и выхода охлаждаемой среды необходимо врезать датчики температуры, управляющие работой компрессоров, и реле протока, защищающего испаритель чиллера от замерзания в нем охлаждаемой среды.

В крупных чиллерах как фреоновых, так и аммиачных есть предохранительные клапаны, поэтому следует предусмотреть прокладку аварийного трубопровода. Для крупных чиллеров характерно отдельное расположение насосов хладоносителя, силового щита и щита автоматизации насосов, циркуляционного и расширительного баков. Чиллеры оборудуют байпасной линией, которая врезана после задвижек или вентилей, отсекающих испаритель от системы. Сделано это для того, чтобы шлак, образовавшийся во время монтажа, при пусконаладочных работах не попадал в испаритель, а оседал в монтажном фильтре, откуда его легко извлечь. Обязательным считается использование виброгасителей для линий хладоносителя, представляющих собой сферы из резины, оснащенные фланцами. При использовании в схеме водяного конденсатора к нему подводится вода и в комплекте поставляется водорегулирующий вентиль.

Сплит-система (рис. 2.12, *а* и *б*). Представляет собой агрегатированную холодильную машину с отдельно вынесенным воздухоохладителем. Схема заимствована из конди-

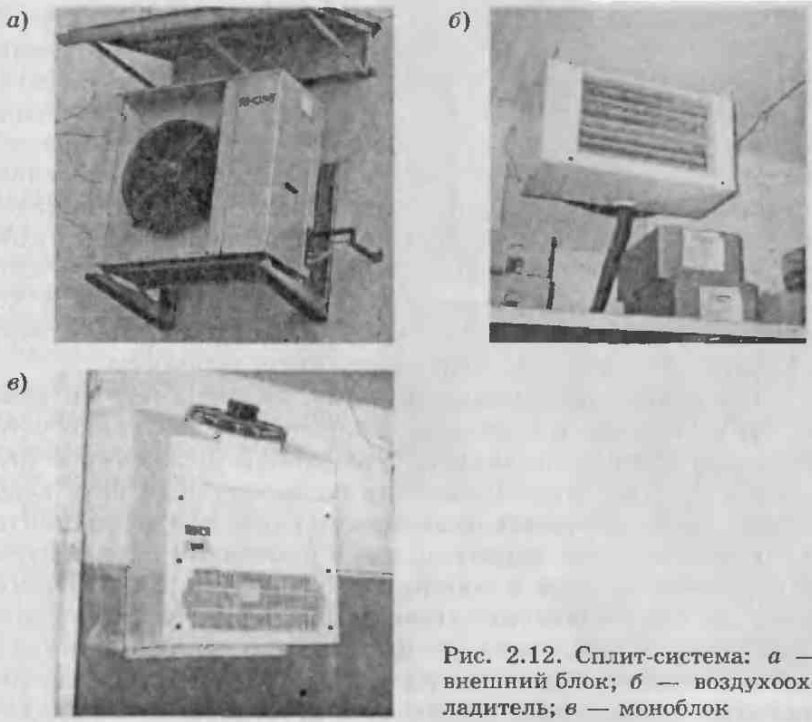


Рис. 2.12. Сплит-система: *а* — внешний блок; *б* — воздухоохладитель; *в* — моноблок

ционирования. Обычно холодопроизводительность сплит-системы невелика, но встречаются модели мощностью до 50 кВт.

Компрессорно-конденсаторный блок обычно подвешивают на наружной стене холодильной камеры или устанавливают на полу — достаточно закрепить его болтами к металлической раме. При необходимости выполняют в погодозащищенном варианте. Блок воздухоохладителя подвешивают к строительным конструкциям камеры и соединяют с компрессорно-конденсаторным блоком медным трубопроводом подачи жидкого холодильного агента и всасывающей магистралью. Монтаж кроме закрепления блоков требует четырех паяных соединений в местах, где жидкостная и всасывающая магистрали соединяют блоки. Иногда блоки поставляют заправленными, тогда пайка не требуется. Но длина трубок ограничена, и тогда блоки будут располагаться близко друг от друга. В таком случае применяют резьбовые соединения с прорываемой в процессе завинчивания мембраной, являющейся местом возможных утечек впоследствии.

Моноблок (рис. 2.12, *в*). В одном блоке находится агрегатированная холодильная машина, включая воздухоохладитель, — это наиболее подготовленный к монтажу агрегат в холодильной технике. Для установки необходимо вырезать в стене холодильной камеры отверстие и, вставив моноблок, загерметизировать места стыков монтажной пеной, и моноблок готов к работе. Часть моноблока, являющаяся воздухоохладителем, находится в холодильной камере, компрессорно-конденсаторная часть и щит управления — снаружи. Моноблок поставляют заправленным маслом и холодильным агентом, настроенным на необходимые условия работы. Выполняют погодозащищенные варианты.

Теплообменники кожухотрубные. Закрепляют на раме или на фундаменте болтами, испарители желательно устанавливать лапами на антисептированный деревянный брус подходящего сечения. Установка на деревянный брус необходима, чтобы избежать охлаждения рамы или фундамента, на котором стоит испаритель, где в противном случае будет выступать конденсат и собираться на полу в лужи. Присоединение трубопроводов холодильного агента фланцевое, фланцы стальные, даже на фреоновых теплообменниках, присоединение хладоносителя или воды также фланцевое. Стальные трубы приваривают встык, медные — вставляют внутрь. Крупные аппараты оборудуют предохранительными клапанами. Испарители изолируют (рис. 2.13).

Теплообменники пластинчатые (рис. 2.14). Оснащают специальной рамой, на которой имеются крепежные отверстия; обычно устанавливают на металлические рамы и кре-

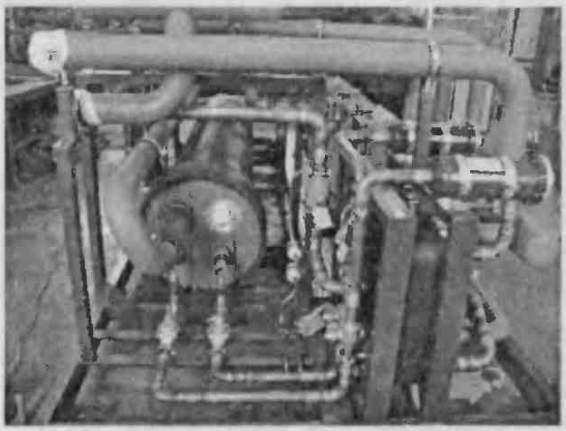


Рис. 2.13. Кожухотрубный испаритель в обвязке

пят к ним болтами или на фундамент и крепят анкерными болтами; желательно испарители ставить на антисептированный брус. Трубопроводы теплообменивающихся сред присоединяются на муфтовом или фланцевом соединении. При монтаже следует учесть, что при небольших габаритных размерах пластинчатые теплообменники имеют значительную массу. Испарители изолируют.

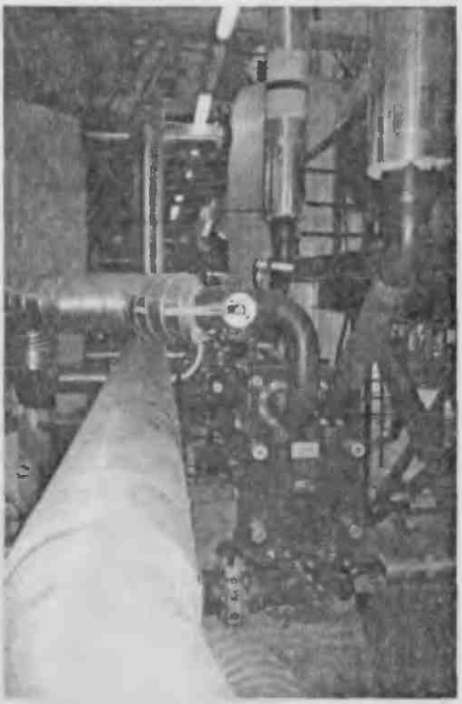


Рис. 2.14. Пластинчатый испаритель в обвязке

Воздухоохладители (рис. 2.15). Крепежные отверстия располагаются сверху, к балкам и строительным конструкциям воздухоохладитель крепят при помощи рамы, поставляемой в комплекте или свариваемой по месту. Раму необходимо либо приварить к закладным частям или металлоконструкциям холодильной камеры, либо закрепить анкерными болтами. Воздухоохладитель должен располагаться таким образом, чтобы истекающая струя воздуха распространялась вдоль балки, нежелательно ее развитие в поперечном направлении. При истечении струи перпендикулярно к балке необходимо верхний срез воздухоохладителя расположить ниже балки, при этом следует учесть, что верх штабеля груза не должен достигать днища воздухоохладителя.

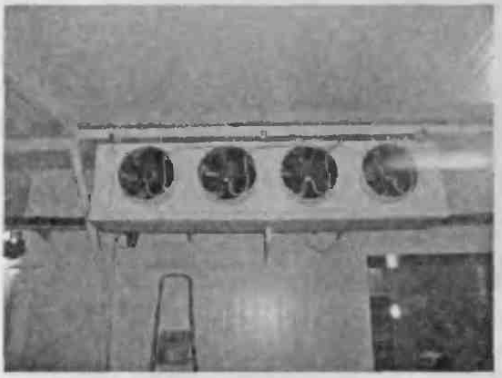


Рис. 2.15. Воздухоохладитель

Эксплуатирующие холодильные камеры специалисты не рекомен-

дуют располагать воздухоохладители над входом в камеру, так как влажный воздух, поступающий из открытых дверей, приводит к интенсивному инееобразованию и необходимости частого оттаивания.

Патрубки могут быть медными на фреоновых и стальными на аммиачных воздухоохладителях. Причем стальные патрубки могут быть выполнены из коррозионно-стойкой и углеродистой стали и иметь различные покрытия (например, оцинковку). Медный патрубок выполнен таким образом, чтобы труба входила внутрь.

Образующуюся при оттаивании воду отводят из нижней части по пластиковому сантехническому с коленами, уплотненными резинками, или стальному трубопроводу (рис. 2.16). Этот трубопровод в холодильных камерах с отрицательной температурой необходимо обогревать гибкими ТЭНами (на-

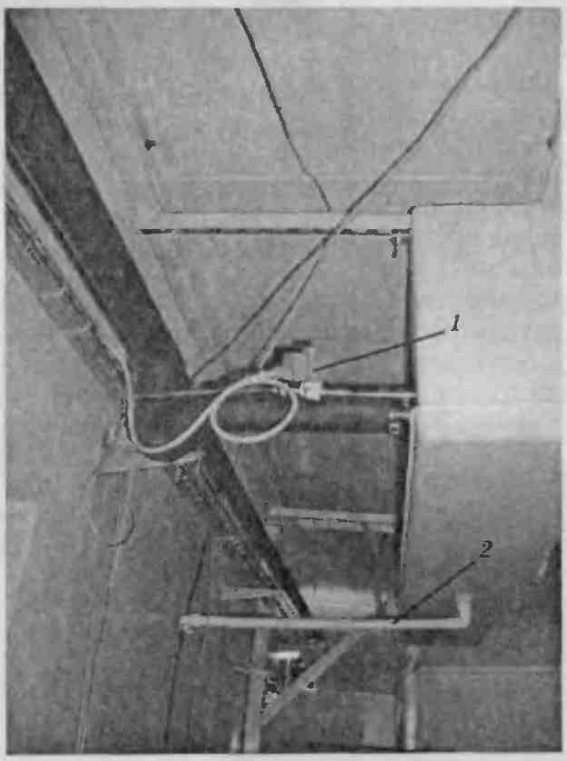


Рис. 2.16. Трубопроводы обвязки воздухоохладителя: жидкостной с отсеченым соленоидным вентилем (*1*), парожидкостной (изолирован), дренажный (пластиковый) для талой воды (*2*)

пример, типа ЭНГЛ мощностью до 60 Вт/м), наматывая их по спирали снаружи с шагом не менее одного-двух диаметров нагревателя или при совпадении длины трубопровода и нагревателя укладывая вдоль трубы.

Особенность монтажа аммиачных воздухоохладителей состоит в том, что в холодильной камере запрещено располагать запорную и регулирующую арматуры, это сделано из соображений безопасности, так как при поломке арматуры капли жидкого аммиака, попавшие на кожу или в глаза, могут нанести травму. Поддон воздухоохладителя, сливная труба изолируются тонким слоем теплоизоляции, желательно, по мнению эксплуатирующих холодильные камеры, изолировать все трубопроводы, проходящие по камере с отрицательными температурами, во избежание капели. На рис. 2.17 показан теплообменный блок воздухоохладителя.

Батареи охлаждения. При распространении герметичных упаковок роль использования батарей для уменьшения усушки снизилась, также требования по снижению аммиакоемкости систем ограничивают их применение. Однако при реконструкциях может встретиться ситуация, когда Заказчик требует установки аммиачных батарей, ранее использовавшихся на другом объекте. Их достаточно закрепить к стене холодильной камеры и приварить к трубопроводам. При сварке надо учесть, что батарея оцинкована и необходимо защитить органы дыхания от воздействия оксида цинка. Серийно выпускают фреоновые батареи с алюминиевыми ребрами, используемые обычно для оснащения прилавков, но их применяют и для холодильных камер. Особенностью является то, что трубопроводы к таким батареям припаивают на муфте, при желании могут поставляться без калачей.

Рис. 2.17. Теплообменный блок воздухоохладителя: жидкостной трубопровод, паук, калачи, парожидкостной трубопровод, кабели для ТЭНов

Воздушные конденсаторы (рис. 2.18). Закрепляют на раме поставляемой в комп-

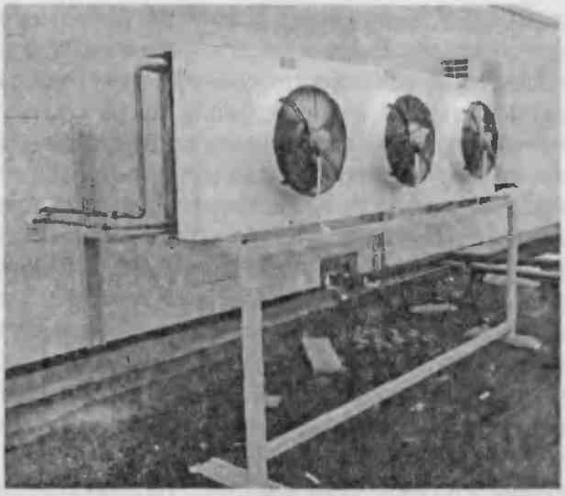


Рис. 2.18. Водушный конденсатор, установленный в вертикальном положении

лекте, или на сварной конструкции, изготовляемой по месту. У воздушных конденсаторов внизу находятся крепежные отверстия. Следует соблюдать указания заводов-изготовителей по расстояниям на всасывании и нагнетании вентиляторов от стен. Высота ниши при установке воздушных конденсаторов на ножках в горизонтальном положении должна иметь рекомендуемое монтажными указаниями значение.

При установке конденсаторов необходимо учитывать розу ветров, т. е. всасывающее отверстие конденсатора располагают таким образом, чтобы господствующий ветер не мог вернуть в конденсатор выброшенный из него отепленный воздух. При невыполнении этих требований производительность конденсатора сильно уменьшается, и случалось, что приходилось демонтировать конденсатор и разворачивать его в соответствии с розой ветров. Близость деревьев, загрязняющих теплообменную поверхность пухом, листвой, и выбросов вентиляции, особенно на предприятиях пищевой промышленности, где присутствуют жир и органическая пыль, должны быть учтены при монтаже конденсатора.

Когда воздушные конденсаторы устанавливаются на ножках, крепить их анкерными болтами и заливать фундамент под них нет необходимости, достаточно ровной твердой поверхности. Обычно воздушные конденсаторы входят в состав фреоновых холодильных установок, поэтому присоединительные патрубки медные, труба входит внутрь, встреча-

ются и аммиачные конденсаторы, в этом случае патрубки стальные, под сварку.

Охладитель жидкости (dry cooler) по монтажу аналогичен воздушному конденсатору, лишь требования по герметичности швов уменьшаются, так как внутри охлаждается вода или гликоль (рис. 2.19).

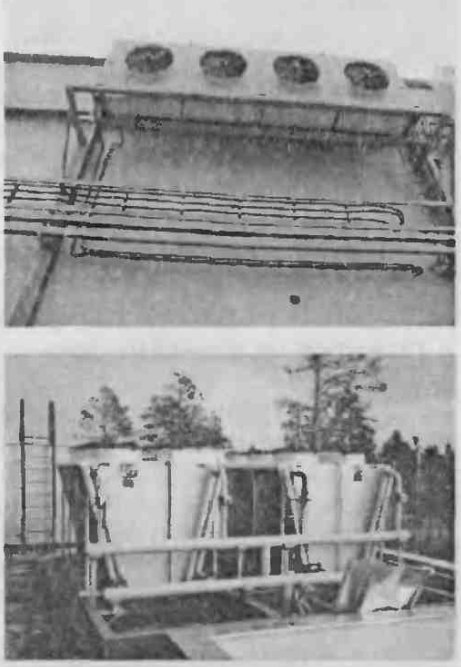


Рис. 2.19. Драйкулер: *а* — вертикальной установки; *б* — двухконтурный V-образный

Испарительные конденсаторы (рис. 2.20). Наиболее распространенный тип конденсаторов для крупных холодильных установок. Обычно устанавливают на крыше или на конденсаторной площадке. Имеют крепежные отверстия, их необходимо закреплять болтами к раме на которую устанавливают конденсатор.

К испарительным конденсаторам еще в большей степени, чем к воздушным, относится требование учета розы вет-

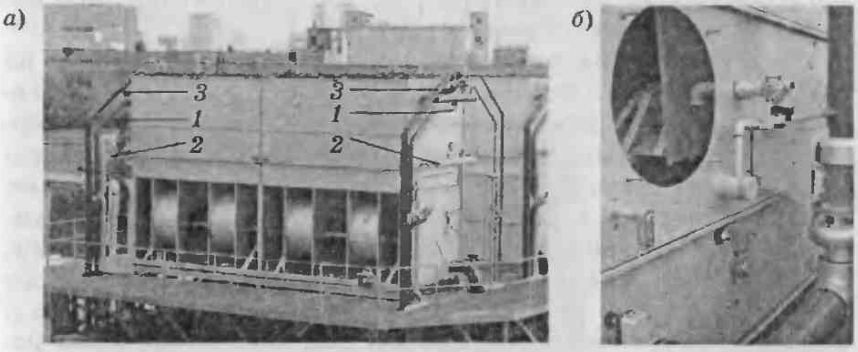


Рис. 2.20. Испарительный конденсатор «Baltimore»: *а* — схема обвязки: трубопроводы — нагнетальные (*1*), жидкостные (*2*), вода (*3*); *б* — люк для обслуживания и насос

ров при установке. Присоединение трубопроводов холодильного агента к патрубкам аппарата сварное, нагнетательный трубопровод оснащают предохранительными клапанами. На трубопроводах жидкого холодильного агента устанавливают отборы смеси воздуха и холодильного агента для последующего отделения воздуха в воздухоотделителе. Трубопровод подачи воды и слива воды присоединяют на сварке, сливной патрубок, в случае выполнения его сбоку, следует заглушить и врезать снизу в центре, это необходимо для лучшего удаления воды из поддона. Производители обычно не возражают против подобных модификаций оборудования, и гарантия не прекращается.

На многих моделях циркуляционный насос устанавливают непосредственно на конденсаторе, но в России предпочитают не заказывать такие опции и устанавливать циркуляционные насосы и бак оборотного водоснабжения в отдельном насосном отделении. Поддон для воды может быть оснащен ТЭНами подогрева для эксплуатации в зимнее время. Крупные испарительные конденсаторы, габаритные размеры которых не позволяют их перевозить в собранном виде, поставляют отдельными частями: нижняя часть с вентиляторами и бассейном, верхняя часть с теплообменным блоком, форсунками и каплеуловителями. Их собирают на месте, вставляя прокладку и привинтив болтами. Основная трудность в большой массе и крупных габаритных размерах деталей, поэтому сборку проводят при помощи подъемных кранов.

Теплообменники труба в трубе. Их обычно можно не закреплять либо просто зафиксировать хомутом. Стальные теплообменники приваривают, медные припаивают, при необходимости накладывают изоляцию.

Ресиверы. Устанавливают лапами на фундамент или на площадку, обычно металлическую, но встречаются и железобетонные конструкции, закрепляют болтами или анкерными болтами (рис. 2.21). Небольшие фреоновые ресиверы ставят на металлическую раму, трубопроводы припаивают или приваривают к вентилям на ресивере (рис. 2.22). Аммиачные ресиверы поставляют без вентилей, с патрубками, оснащенными фланцами, поэтому к фланцу приваривают проставку длиной не менее 100 мм, приваривают вентиль и к нему приваривают трубопровод. Колонки на крупных ресиверах необходимо закрепить. Жидкостные стояки обычно поставляют необходимой длины с завода-изготовителя. Ресивер оснащен предохранительными клапанами, но на не-

больших фреоновых ресиверах их не заказывают, а отверстие отсекают резьбовой заглушкой.

Циркуляционные ресиверы необходимо устанавливать на брус из антисептированной древесины и покрывать теплоизоляцией. Для отделения масла в аммиачных циркуляционных ресиверах желательно приобретать ресиверы с жидкостными стояками, которые на 100 мм заглублены в обечайку. Таким образом масло не попадает в стояк и соответственно на всасывание насоса, тогда ресивер монтируется с небольшим уклоном $I = 0{,}05$ и масло сливается из нижней точки обечайки в маслосборник. Трубопровод слива масла в масло-

а)

б)

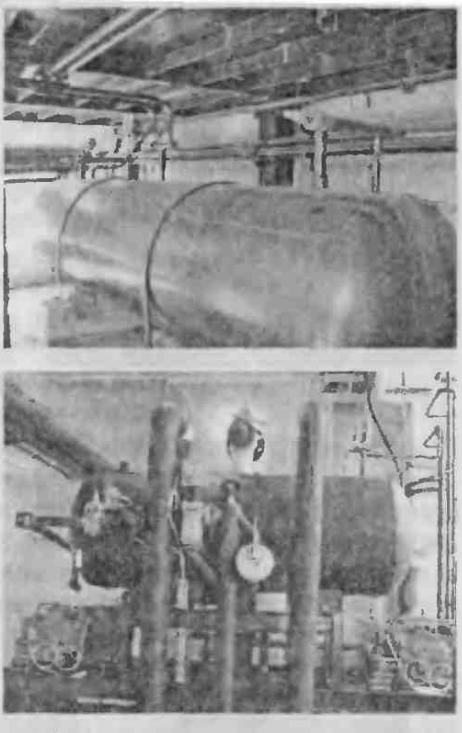
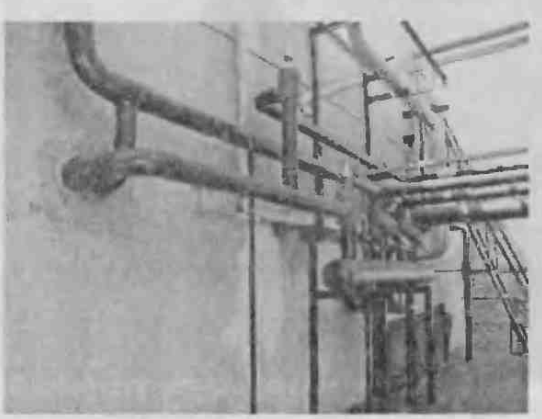


Рис. 2.21. Примеры установки ресиверов: *а* — линейный ресивер на бетонном основании с вставкой из антисептированной древесины и стяжными хомутами; *б* — питающий отделитель жидкости (циркуляционный ресивер) с лапами, установленный на металлической раме

а)



б)

Рис. 2.22. Ресиверы: *а* — термосифонный; *б* — вертикальный

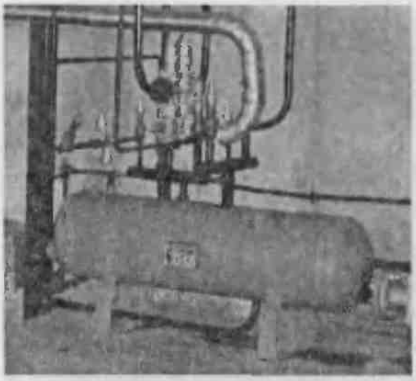


Рис. 2.23. Маслосборник

сборник обогревается ТЭНами, которые управляются термореле, настроенным на 20 °С.

Маслосборник, маслоотделитель (рис. 2.23). Устанавливают лапами на фундаменте или на металлической раме, закрепляют болтами или анкерными болтами. Маслосборник следует оборудовать гибкими ТЭНами, навив их на нижнюю часть аппарата. На маслосборники устанавливают перепускные клапаны.

Отделитель жидкости. Небольшие достаточно закрепить хомутом, аппарат приваривают или припаивают к трубопроводам. Крупные отделители жидкости монтируют аналогично ресиверам.

Насос (рис. 2.24). Устанавливают на фундаменте или на металлической раме, закрепляют болтами или анкерными болтами. При монтаже следует учесть, что насос оборудуется манометрами, реле давления и другими приборами, по-

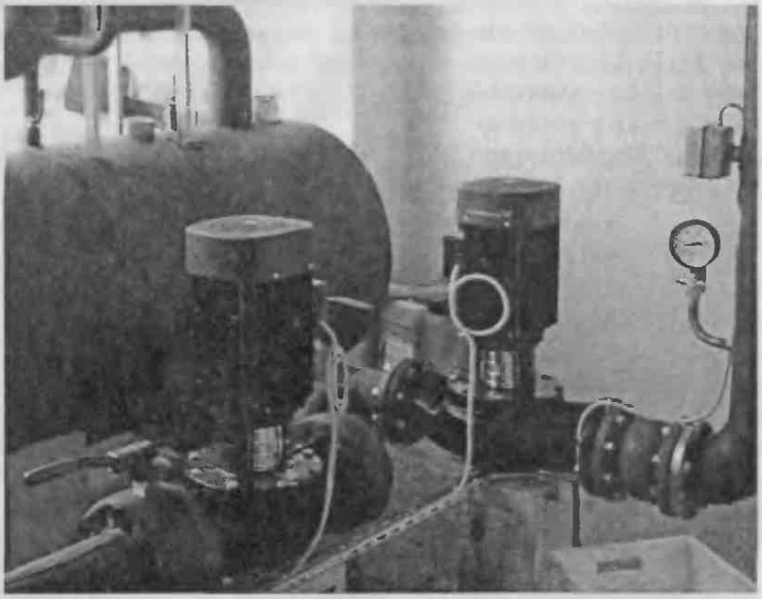


Рис. 2.24. Насосы «Grundfos» для воды; на нагнетании установлена вибровставка

этому перед задвижками, вентилями, фильтрами и обратными клапанами необходимо предусмотреть место для врезки отборных устройств. В некоторых водяных насосах предусмотрены резьбовые отверстия для подключения приборов защиты, при поставке заглушенные. Присоединение трубопроводов фланцевое, лишь вспомогательные насосы для заполнения системы хладоносителем могут быть с муфтовым присоединением.

Насосы, предназначенные для перекачки пищевых сред, например ОНЦ, могут быть установлены непосредственно на пол, имеют регулировочные винты для регулировки положения насоса в горизонтальном положении. Ряд насосов для воды может крепиться на стене, в рекомендациях заводов-изготовителей указывается, какие модели пригодны для такой установки.

Насосы для холодильных агентов (рис. 2.25), применяемые в насосных установках большой производительности, монтируют аналогично насосам для воды. Отличием является наличие диафрагм максимальной и минимальной производительности. Первая ставится на нагнетании, она ограничивает производительность, препятствуя срыву насоса, вторая ставится на специальной линии, соединяющей нагнетание насоса и парожидкостную линию ресивера, она помогает разгрузить пуск насоса. Диафрагмы представляют собой диск, расположенный между фланцами с колиброванным отверстием. У ряда насосов специальную линию прокладывают от корпуса, чтобы отбирать пар холодильного агента, образовавшийся при работе электродвигателя насо-

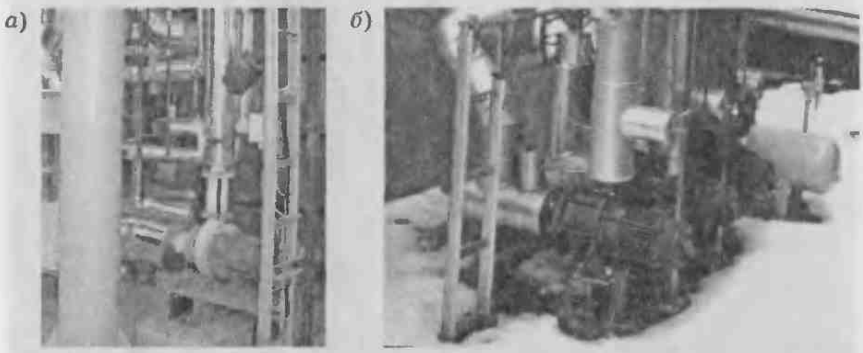


Рис. 2.25. Насосы для хладагента: *а* — насос «Hermetik» на нагнетании; видна диафрагма максимальной производительности; *б* — насос «Witt», установленный на улице

са. Большое внимание следует уделить и тому, что центробежному насосу для холодильного агента обязательно нужен кавитационный запас, различный для разных моделей, но не менее 1,5 м.

Градирня (рис. 2.26). Устанавливают на металлической раме, крыше или на открытой площадке, крепят болтами. Требуется учитывать розу ветров. Расстояние между рядами градирен не менее 10 м, градирни в рядах целесообразно располагать в шахматном порядке. При поставке градирни в разобранном виде (отдельно теплообменный блок, поддон и вентилятор, рис. 2.27, *а*) при установке вентилятора необходимо следовать условным обозначениям на корпусе блока и вентилятора, изменение угла установки вентилятора уменьшит производительность. Следует убедиться, что пакеты оросителя и каплеуловителя (рис. 2.27, *б*) находятся в правильном положении на штатных местах, без видимых пустот и пропусков. При сварочных работах по присоединению подающих и сливных трубопроводов ороситель, каплеуловитель и пластмассовые детали защищают от воздействий сварочной дуги. Между блоком и поддоном устанавливают уплотнитель.

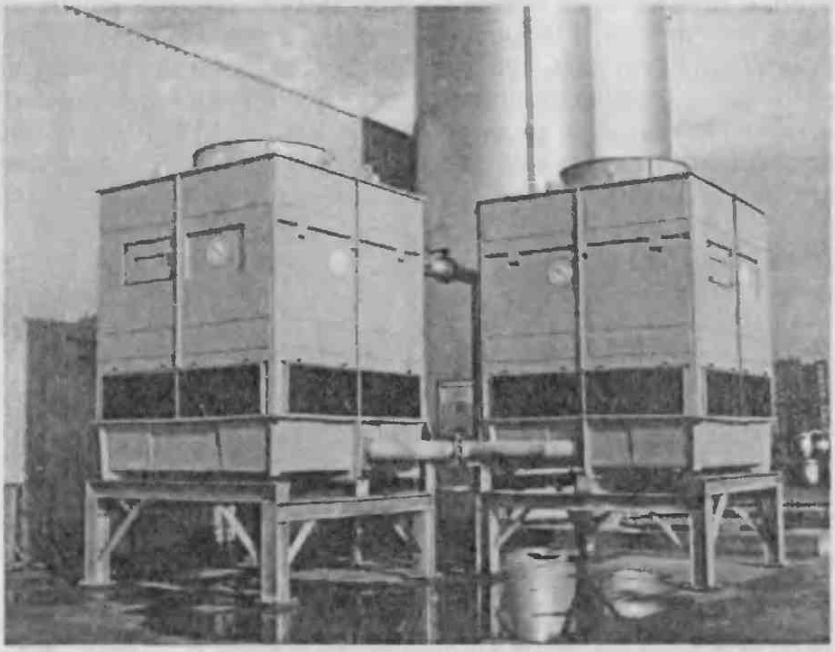


Рис. 2.26. Градирни «Baltimore»

Баки для воды и хладоносителя. Баки в холодильной промышленности используют самые разнообразные: прямоугольные, круглые вертикальные, круглые горизонтальные, стандартные и изготавливаемые по месту. Обычно предпочитают баки, изготовленные из коррозионно-стойкой стали, но применяют и из черного металла. Для небольших установок широкое распространение получили баки из полиэтилена (до 2 м^3). Бак устанавливают на фундаменте (рис. 2.28), обычно ничем не закрепляют; рекомендуется уста-

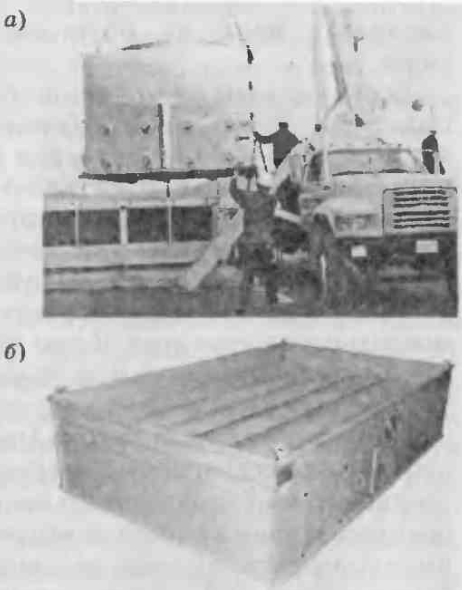


Рис. 2.27. Градирня: *а* — выгрузка градирни; *б* — блок каплеуловителя

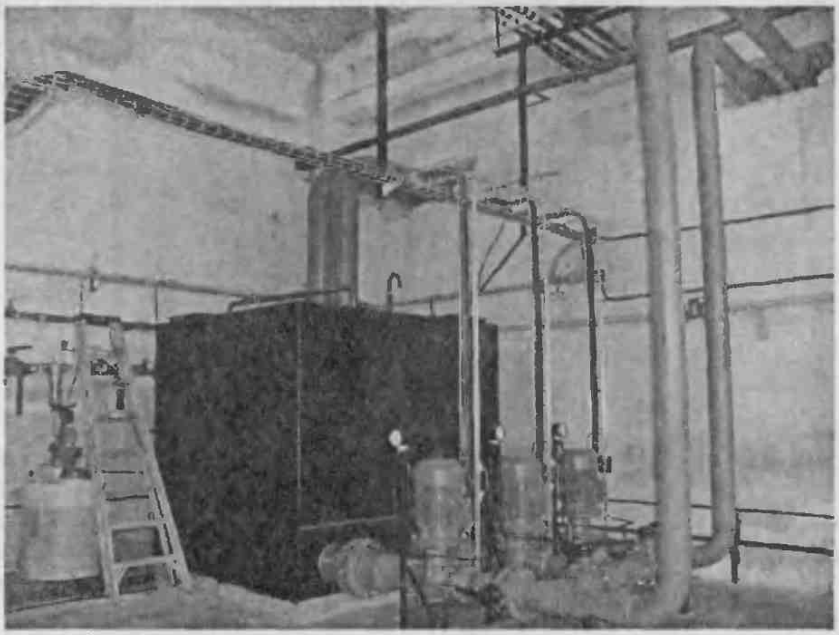


Рис. 2.28. Бак для воды, слева расположен пластиковый бак с химическим реактивом для системы водоподготовки

навливать баки на брус из антисептированной древесины.

Вертикальные баки большой вместимости с лапами, расположенными на улице, обязательно закрепляют анкерными болтами, так как ветровая нагрузка бывает значительной. Бак рекомендуется ставить вплотную к стене, не оставляя зазоров, где всегда скапливается труднодоступный мусор. Баки прямоугольные необходимо укреплять ребрами жесткости, так как при наполнении жидкостью стенка, обычно толщиной 3–8 мм, выгибается и бак становится из прямоугольного выпуклым. Когда же жидкость уходит, бак снова принимает прямоугольную форму, что сопровождается ощутимым шумом и может разрушить бак.

Расширительные бачки (рис. 2.29). Служат для компенсации температурных расширений хладоносителей. В настоящее время практически все расширительные бачки мембранные, специальный компрессор или термонагреватель позволяет регулировать давление в бачке. Расширительные бачки свыше 600 л имеют встроенный процессор, который по заданной программе управляет работой. Так как обычно расширительный бачок — наивысшая точка системы, в нем обычно монтируют автоматический воздуховыпускной вен-

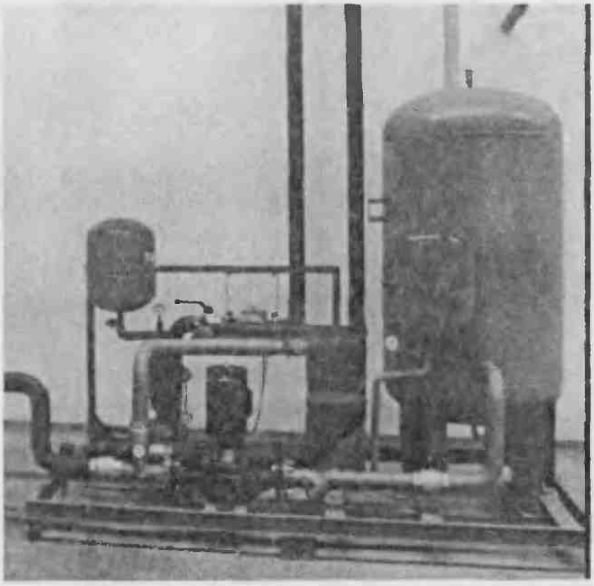


Рис. 2.29. Расширительные бачки, сзади вертикальный бак для хладоносителя

тиль. Одной из опасностей, подстерегающих при монтаже расширительных бачков, является неправильное определение высоты их установки. Если высота будет слишком большой, то хладоноситель, охладившись, сожмется и полностью уйдет из бачка и большей части вертикального трубопровода, образовавшийся вакуум, так как система герметична, вомнет стенки бачка.

В кратком виде таким является монтаж основных видов холодильного оборудования. Безусловно, всех моментов и тонкостей отразить в небольшой главе практически невозможно. Более подробную информацию можно найти в руководствах по монтажу, прилагаемых к конкретному виду оборудования. Большими неудобствами, однако, являются слабое оформление руководств, некачественные переводы, выполненные неспециалистами, или полное отсутствие переводов. Большая часть руководств выполняется на английском языке, но нередко техника, производимая в Италии, Испании и Китае, не имеет дубляжа на английском, поэтому руководства практически бесполезны. Кроме того, подобная техника не имеет сервисных центров и, следовательно, технического сопровождения обученными специалистами, поэтому особенности монтажа, рекомендуемые производителем, недоступны. Исходя из этого автор в максимально сжатом виде постарался изложить ряд трудностей общего характера по монтажу холодильного оборудования.

Измеряй микрометром. Отмечай мелом. Отрубай топором.

Правило точности Рэя

2.2. ТРУБОПРОВОДЫ

Монтаж трубопроводов — наиболее трудоемкая часть холодильной установки. О комплектации труб и инструменте, которым они обрабатываются, рассказано в предыдущих параграфах. Этот параграф посвящен методам работы с трубой, особенностям паечных и сварочных работ в холодильной технике.

2.2.1. ПАЙКА

В холодильной технике применяют паяные соединения медных трубопроводов между собой, медных трубопроводов с латунными штуцерами запорной арматуры и приборов КИПиА, медных трубопроводов со стальными трубопроводами, арматурой, бобышками. В каждом случае необходимо для получения качественного и герметичного шва подобрать нужную температуру пламени, выбрать соответствующие припой и флюс. В этом разделе разобраны наиболее часто встречающиеся в практике монтажа случаи.

Устройство и настройка паечного поста были описаны выше, здесь приводится информация о строении паечного пламени. При сгорании в струе кислорода пропан-бутановой смеси образуется пламя, состоящее из трех зон. Ядро — зона с температурой около 1000 °С, здесь пропан-бутановая смесь, выходя из сопла горелки, нагревается и частично распадается, при этом раскаленные твердые частицы углерода ярко светятся, оболочка ядра — наиболее яркая часть пламени. Средняя — восстановительная зона — наиболее высокотемпературная часть пламени (до 2200 °С), здесь происходит первая стадия сгорания пропан-бутановой смеси за счет первичного кислорода, поступающего из баллона. В результате этого получается смесь, состоящая из окиси углерода и водорода, смесь активна по отношению к кислороду и способна восстанавливать металлы из окислов, отчего зона и называется восстановительной. Факел — третья зона пламени с температурой 2000–1500 °С, в факеле происходит вторая стадия горения пропан-бутановой смеси за счет поступления кислорода воздуха. Разлагающиеся двуокись углерода и вода выделяют кислород, который совместно с СО и парами воды окисляет паяемый металл. Для образования нормального пламени необходимо, чтобы соотношение кислорода и пропан-бутана составляло 3,4–3,8.

Форма ядра нормального пламени (рис. 2.30) близка к цилиндрической, резко очерчена, на конце плавно закругляется. Когда давление кислорода уменьшается, ядро становится длиннее, когда ядро резко и многократно удлиняется — это явный признак, что кончается кислород в баллоне. Средняя зона более темная по сравнению с ядром, ее длина достигает 25 мм. В точке, отстоящей от конца ядра на 2,5 длины ядра (3–6 мм) достигается максимальная температура. Деталь, подвергающаяся пайке должна, находиться в зоне с наивысшей температурой для эффективного нагрева.

В холодильной технике применяют окислительное пламя, характеризующееся избытком кислорода в пламени. Рабочая зона такого пламени не имеет восстановительных свойств и становится окислительной, ядро пламени при этом имеет конусообразную форму и бледную окраску, длина уменьшается, очертания менее выразительные. Длина средней зоны и факела также уменьшается, пламя имеет синевато-фиолетовую окраску и горит с шумом. Окислительное пламя имеет более высокую температуру по сравнению с нормальным, но недостатком является высокая окислительная способность избыточного кислорода.

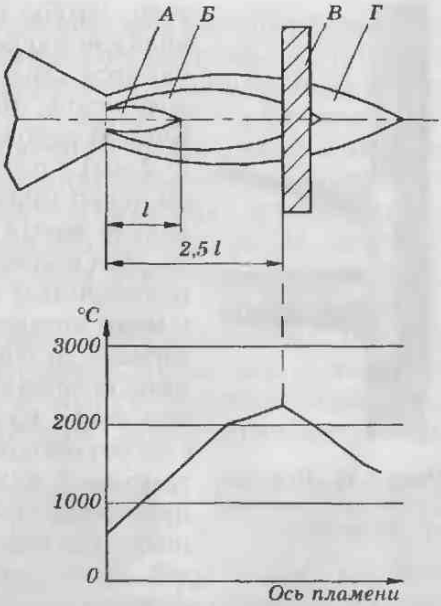


Рис. 2.30. Строение пропан-бутанокислородного пламени и распределение температуры по его длине:

А — ядро пламени; *Б* — средняя (восстановительная) зона; *В* — положение детали при пайке; *Г* — факел; *l* — длина пламени

При пайке пламя по отношению к паяемой детали следует держать на расстоянии в соответствии с толщиной паяемых деталей, ядро при этом должно находиться в 3–6 мм от поверхности детали (рис. 2.31). В начале пайки следует разогреть детали для

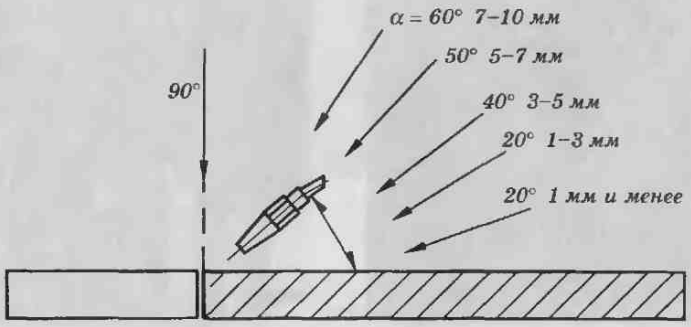


Рис. 2.31. Наклон пламени при пайке медных (толщиной 1–5 мм) и стальных (толщиной 5–10 мм) деталей

того, чтобы растекся припой, нагревают вначале наиболее массивную деталь, если паяется сталь с медью, то нагревать следует сталь. Необходимо знать, что стенка медной трубы небольшого диаметра (всего 1–2 мм) и пламенем, особенно ядром, можно легко прожечь стенку, поэтому нельзя долгое время нагревать одно и то же место. Для наложения припоя следует считать подходящим моментом начало появления у меди вишневого цвета, что говорит о разогреве до 600 °С. Предваряется это состояние побежалостью на меди, по ней проходит нечто вроде волны, после чего вскоре следует ожидать появления вишневого цвета (рис. 2.32). Ни в коем случае не стоит проверять готовность трубы к пайке припоем, так как капля припоя может налипнуть на стенку трубы и ее очень трудно будет расплавить, потому что нагреваться будет уже не одна капля, а капля вместе со стенками.

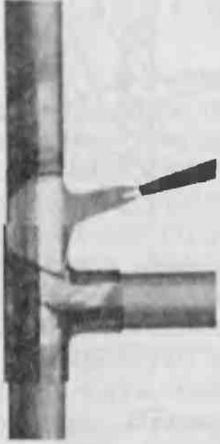


Рис. 2.32. Побежалость на медном трубопроводе

Паяные соединения могут располагаться в горизонтальной и вертикальной плоскостях, косые соединения редки. Наиболее распространенным и простым является вертикальный шов. Такие швы характерны для горизонтальных трубопроводов, при пайке трубопроводов, соединяемых муфтой или вставляемых друг в друга, при пайке трубопровода и отвода или калача, при пайке трубопровода и присоединительного патрубка на компрессоре или аппарате (рис. 2.33).

а)

б)

Рис. 2.33. Паяные соединения: *а* — медь с медью; *б* — медь со сталью (патрубок аппарата), медь с медью

Подготовить детали к пайке следует как можно тщательнее, удалив с них окислы, ржавчину, остатки масла, бумаги и скотча, влагу, любое из перечисленных загрязнений может повлиять на качество шва (рис. 2.34). Для получения долговечного и надежного соединения труба должна входить в присоединяемую деталь на длину не менее своего диаметра, зазор между ними в идеале должен находиться в пределах 0,025–0,125 мм, но качественные соединения, не имеющие динамических нагрузок, возможны при зазорах 1 мм и более.

Пайка начинается с прогрева места соединения, преимущественно необходимо разогревать ту деталь, в которую вставляется трубопровод, т. е. муфту, патрубок компрессора. Прогревают вначале факелом, затем переходят к про-

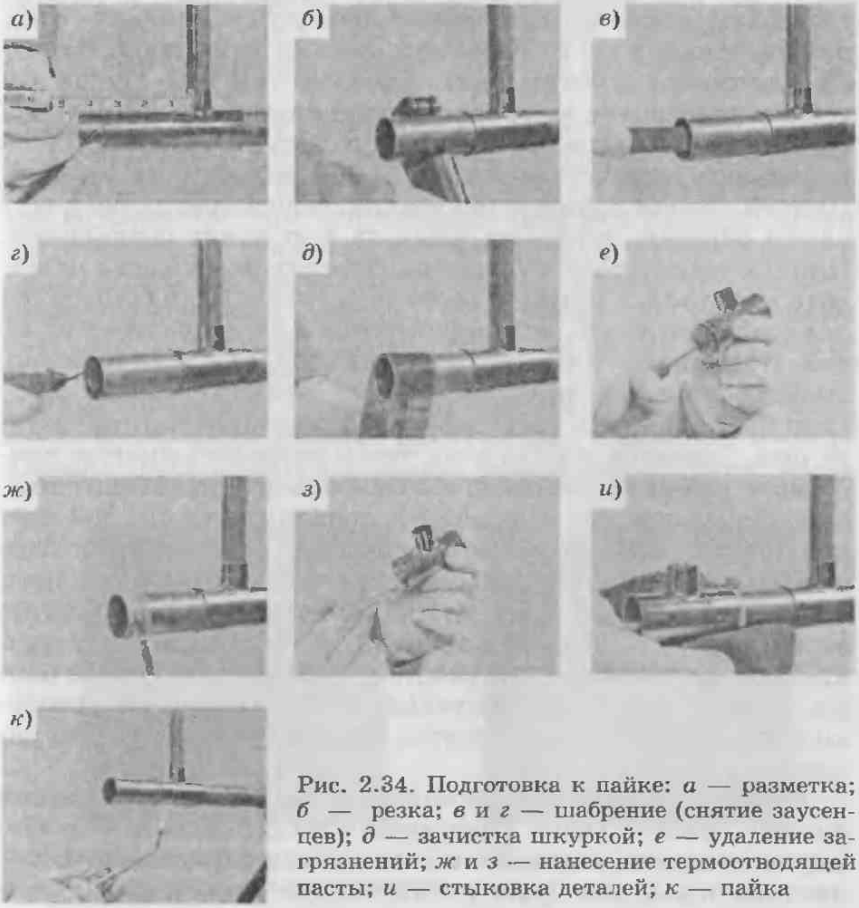


Рис. 2.34. Подготовка к пайке: *а* — разметка; *б* — резка; *в* и *г* — шабрение (снятие заусенцев); *д* — зачистка шкуркой; *е* — удаление загрязнений; *ж* и *з* — нанесение термоотводящей пасты; *и* — стыковка деталей; *к* — пайка

греву средней зоной. В зависимости от диаметра трубопровода и номера наконечника горелки место пайки прогревают целиком или секторами, трубопроводы диаметром свыше 28 мм приходится паять секторами. Пламя при этом на небольших трубопроводах диаметром до 22 мм удобно направлять снизу, свыше 22 — удобно направлять перпендикулярно от себя, однако каждый пайщик выбирает на основе личного опыта более удобное для его комплекции направление пламени.

Когда детали прогреты до состояния, близкого к появлению вишневого цвета, что при достаточном количестве произведенных паек определяется безошибочно, наносят припой. При пайке меди и латуни флюс не требуется, при пайке стали со сталью, медью или латунью пруток припоя вносят в пламя и быстро окунают во флюс. На прутке припоя остается флюс, после чего его можно наносить на шов, на серебряных припоях часто флюс уже нанесен на припой. Баночки для флюса должны быть стеклянными или лучше металлическими, так как раскаленный пруток прожигает дно. При сильном загрязнении меди и латуни рекомендуется небольшое количество флюса П 209 нанести на припой. Припой следует наносить без усилия, перпендикулярно к шву таким образом, чтобы он затек на всю длину соединения. Припой течет в сторону нагрева, поэтому необходимо нагревать ту деталь, в которую вставлена труба. Если больше будет разогрета труба, то припой тонким слоем растечется по ней. Когда припой затечет по всему шву, при этом шов просматривается под припоем, следует немного отвести среднюю зону, действуя только факелом, и понизить температуру шва. Делается это для того, чтобы позволить припою приобрести вязкость сметаны, и затем поверх скелетного шва, не нарушая его, нужно наложить дополнительный слой припоя. Расход припоя при этом повышается, но взамен пайщик получает дополнительную гарантию герметичности шва. Автор рекомендует холодильщикам именно такую пайку; этот способ, как показала практика, при серьезных нагрузках на паяное соединение работает надежнее скелетной пайки. Соединение с дополнительным слоем припоя настолько надежно, что чаще ломается не место пайки, а труба рядом с ним.

Шов не должен иметь наплывов, впадин и капель, припой должен лежать ровно. Если детали были плохо и неравномерно прогреты, припой не затек в соединение, могут появиться поры, шов будет иметь низкую устойчивость к ви-

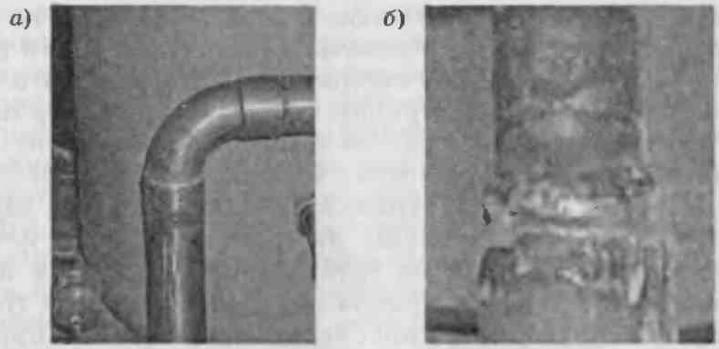


Рис. 2.35. Паяные соединения: *а* — качественное соединение; *б* — некачественное соединение

брации и практически наверняка впоследствии даст течь (рис. 2.35). Обычно стыки стали с медью получаются наименее качественными, имеют большое количество наплывов и пор.

Шов после пайки необходимо осмотреть, в труднодоступных местах пользуются зеркалом, темное место освещают. Любая пора может быть сквозной, поэтому нужно устранить все неровности, при исправлении шва нет необходимости нагревать все соединение, так как припой может потечь и пайку придется формировать заново, достаточно нагреть лишь бракованный участок. После пайки шов необходимо очистить от остатков флюса, наиболее просто это сделать мелкой шкуркой либо кордщеткой.

Горизонтальные соединения трубопроводов могут быть двух типов, когда верхняя труба входит в нижнюю и когда нижняя труба входит в верхнюю (рис. 2.36). Со швом, когда

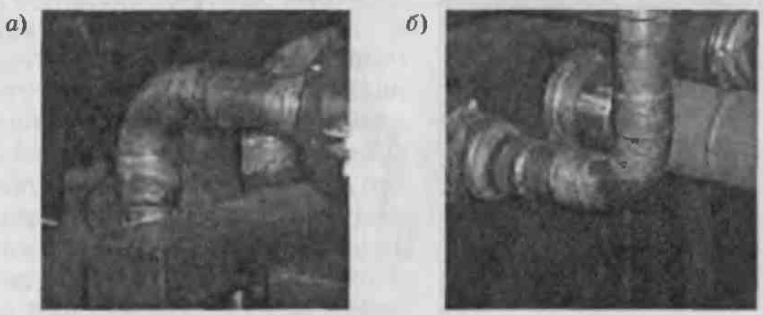


Рис. 2.36. Паяные соединения: *а* — нижняя труба входит в верхнюю; *б* — верхняя труба входит в нижнюю

верхняя труба входит в нижнюю или на вертикальном участке трубы стоит муфта и необходимо паять верхний шов, практически не возникает трудностей. Разогрев более массивную деталь, наносят припой, он прекрасно под воздействием нагрева и силы тяжести затекает в соединение. Напротив, когда производят пайку нижнего шва у муфты или нижняя труба входит в верхнюю, припой не течет вверх, поэтому пайщик может лишь прогревать верхнюю деталь и тем самым поднимать по трубе припой. При этом необходимо держать пруток припоя перпендикулярно к трубе, так как если подавать пруток снизу вверх, то капля припоя может попасть на руку, или сверху вниз, то припой может нагреться и большой каплей остаться на трубе.

Часто холодильщику необходимо впаять в медную или стальную трубу бобышку для присоединения приборов КИПиА, материал бобышки — сталь или латунь (рис. 2.37). Бобышки стараются располагать сверху трубы, но в практике автора был случай, когда бобышку нужно было впаять снизу трубы. Пайка бобышки происходит при большем нагреве бобышки как наиболее массивной в соединении детали. Обычно холодильщик сам дает заказ на изготовление бобышек, так как только он обладает информацией о резьбе на присоединяемой накидной гайке или о диаметре припаиваемой импульсной трубки. Для того чтобы произвести качественную пайку, токарю надо дать задание сделать уступ на бобышке, которым она войдет в отверстие в трубе. Такое устройство позволит увеличить поверхность соприкосновения деталей, уменьшить возможные зазоры, что повысит надежность пайки.

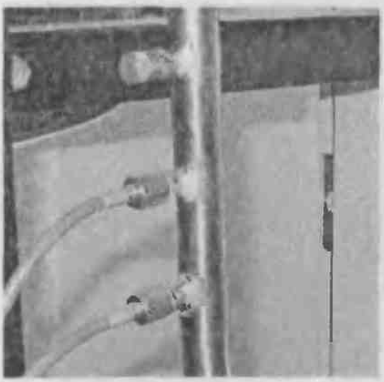


Рис. 2.37. Различные бобышки под пайку

Случается, даже при достаточной чистоте поверхности и хорошем прогреве, припой на детали не ложится, что характерно для пайки меди и стали, меди и латуни. Избежать этого можно, если предварительно облудить детали, тогда припой будет контактировать уже с облуженной поверхностью и хорошо накладываться. Улучшить качество шва, когда производится пайка меди со сталью или стали и стали, можно применяя в дополнение к серебряному

припою меднофосфорный. Наложив серебряный припой, обычно очень текучий и довольно дорогой, получают скелетную пайку, затем меднофосфорным припоем поверх серебряного накладывают еще один слой. Меднофосфорный припой не пригоден для пайки стали, но поверх серебряного припоя он замечательно накладывается и является дополнительной гарантией герметичности.

При пайке медной трубы внутри при нагреве образуется окалина, которую необходимо удалить, так как хлопья окалины в большой системе могут забить фильтры и автоматику. Избежать этого можно, если производить пайку под азотом или механически удалять окалину изнутри трубы.

Схема пайки под азотом такова: к паяемому соединению присоединяют баллон с азотом через редуктор, примерно настроенным на 3 бара. Соответственно должен быть обеспечен проток, так как при пайке под давлением образуются пузыри и поры на припое. Истекающий по трубе азот предохраняет трубу от образования внутри хлопьев окалины. Присоединение баллона с азотом можно произвести через ниппель на конденсаторе, компрессоре или специально оснастить участок трубопровода дополнительным ниппелем, который можно будет использовать впоследствии для пусконаладки или обслуживания.

При пайке трубопроводов и запорной арматуры или приборов КИПиА необходимо обеспечить отвод теплоты от приборов, так как при нагреве в них могут разрушиться различные детали. Возможно использование теплоотводящих паст, широко предлагаемых производителями, но наиболее простой и проверенный способ — это влажная тряпка, обмотанная вокруг прибора (рис. 2.38). Она защищает от нагрева испаряя воду, тем самым отводя теплоту, и может защитить прибор от открытого пламени, при небрежности пайщика.

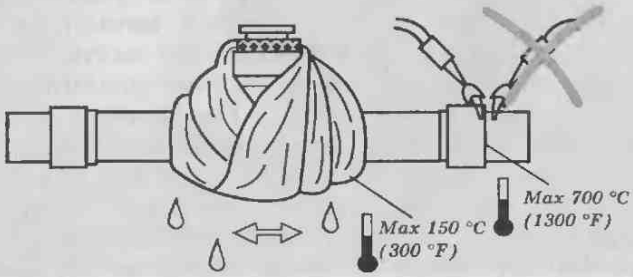


Рис. 2.38. Пайка шарового вентиля «Danfoss»

При невозможности установки перехода, когда соединяемые медные трубы сильно разнятся по диаметру, возможна для неответственных соединений обжимка большей трубы по меньшей. Для этого малую трубу вставляют в большую и большую нагревают до вишневого цвета, затем плоскогубцами трубу сжимают сбоку, отчего зазор уменьшается до идеального. При пайке такого соединения нужно учесть, что в месте обжима припой может затекать внутрь, следуя в место наибольшего нагрева, поэтому необходимо создать вначале пробку, остудив припой в месте обжима, и затем сформировать шов снаружи.

При больших зазорах применяют метод кольцевого наложения припоя, когда припой наносят кольцами, что характерно при запаивании больших отверстий, прожженных в трубе ядром пламени. Вначале припой наносят по периметру отверстия; создается козырек, к которому затем накладывают новый, пока отверстие не будет запаяно. При этом каждый козырек охлаждают, отводя пламя, и лишь затем на отвердевший припой наносят новый слой.

Перечисленные методы возможны лишь для неответственных соединений, а в исключительных случаях следует всегда применять переходы и вырезать прожженные участки, так как такой шов менее надежен и является местом возможной утечки.

2.2.2. РЕЗКА ТРУБЫ

Для разделения трубы на участки применяют различные способы резки. О резке медных труб при помощи трубореза говорилось в предыдущих параграфах, особенных сложностей при резке медных труб не возникает. Основное требование, чтобы нож трубореза был перпендикулярен при резе к трубе, нож не должен быть затуплен или помят (рис. 2.39). Сильно заглублять нож в металл не следует, иначе тонкостенную трубку можно даже смять. Рез необходимо проводить плавно, без излишних усилий, совершая рез от себя, затем к себе, вкручивая винт на 1/2 оборота и вновь повторяя рез. После выполнения реза торцевые кромки трубы необходимо зачистить шабером или напильником. Редко медную трубу разрезают ножовкой по металлу или абразивным кругом. Оба способа не рекомендуются, так как торец трубы при таких способах резки не перпендикулярен, поэтому бортовка может получиться некачественной.

Кроме того, внутрь трубы попадает стружка, которую обычно не удаляют, и она оседает на фильтрах и приборах автоматизации в системе.

Резка стальной трубы для холодильной системы должна отвечать высоким требованиям, так как резка выступает как подготовительная операция для сварки и от точности реза напрямую зависит качество сварного соединения.

Рис. 2.39. Резка медной трубы труборезом

Резка абразивными кругами — основной способ, который следует применять для стальных труб, предназначенных для холодильных систем. Применение монтажных пил, отрезных машин позволяет получать резы с минимальными отклонениями формы, рез трубы практически перпендикулярен, что позволит впоследствии сварщику произвести качественную сварку (рис. 2.40). Следует отметить, что резку легированных сталей абразивными кругами производить труднее, чем углеродистых, из-за их высокой вязкости. Трубы большого

Рис. 2.40. Резка при помощи абразивного круга

диаметра приходится резать вращая, так как радиуса абразивного диска не хватает для реза на полную глубину. При таком резе наибольшая трудность в том, чтобы рез не пошел «винтом» и вследствие этого не образовался уступ, выровнять который трудно, часто приходится повторять рез. Наилучшие результаты получаются на столах, оснащенных роликами, когда на них трубу вращают вручную или при помощи двигателя, а абразивный круг заглубляется лишь на толщину стенки трубы. При резе образуются заусенцы, легко удаляемые диском отрезной машины, шлифмашиной или круглым напильником.

Для разметки удобно применять мел, на трубу надевают пластиковую гибкую ленту шириной 30–50 мм и по ней мелом наносят разметку реза. Длину участка трубы отмеряют рулеткой.

В холодильной технике также распространена ручная резка кислородно-пропановыми резаками, поверхность реза гораздо более грубая, чем после резки абразивным кругом (рис. 2.41 и 2.42). Однако при высокой квалификации резчиков и сварщиков применение резки окислением оправдано, так как резку можно проводить в любых положениях, а также выполнять резы сложной конфигурации. Производительность газопламенной резки высока. Толщина металла при газопламенной резке должна быть не менее 3 мм. При таком способе резки металл нагревают пламенем до температуры его воспламенения в кислороде, сжигают его в струе кислорода и используют полученную теплоту для прогрева следующих участков. Струей кислорода и газов, образовавшихся при горении металла, выдувают из реза продукты сгорания. Пламя резака для резки стальных труб должно быть нормальным. Давление кислорода, настраиваемое на кислородном редукторе, должно составлять 3–4 кгс/см^2.

Рис. 2.41. Резка стальной трубы газовым резаком

Вначале резчик очищает поверхность металла, при необходимости — от ржавчины пламенем резака (рис. 2.43), затем после остывания на металл наносит разметку реза. Деталь должна находиться

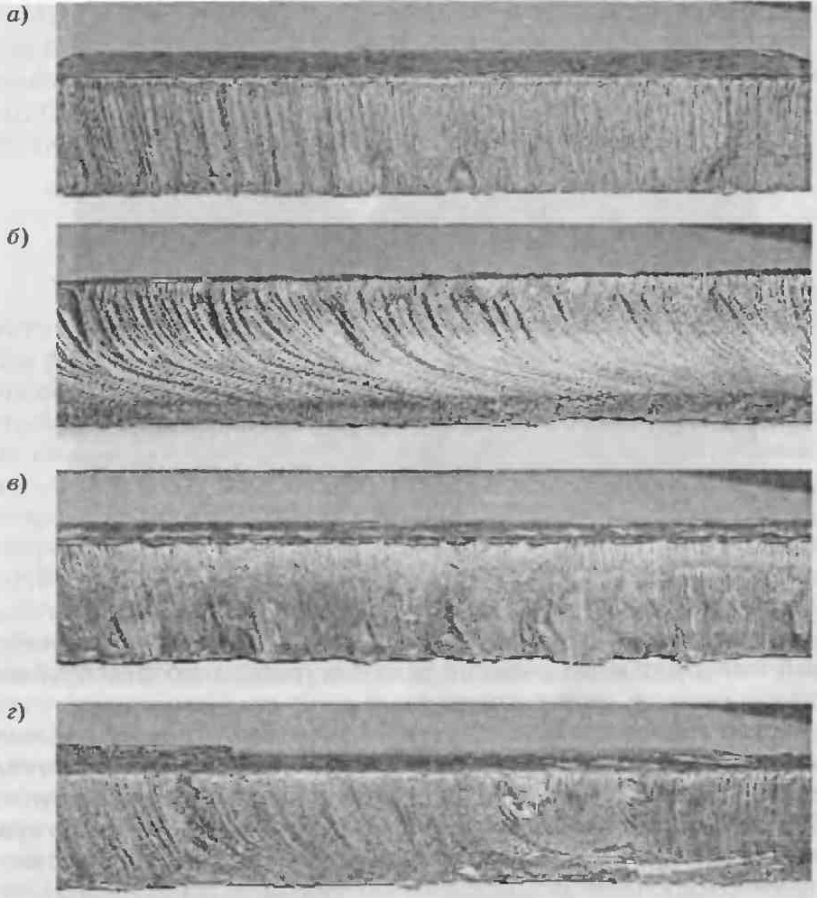


Рис. 2.42. Резка стальной трубы газовым резаком: *а* — идеальный рез; *б* — резка с большой скоростью; *в* — резак слишком удален от детали при резке; *г* — слишком большой поток кислорода в пламени

на подкладках, низ детали — не менее 100 мм от пола. Резчик нагревает металл до температуры его воспламенения в кислороде, подключает струю режущего кислорода и, удерживая расстояние между мундштуком резака и металла 2–3 мм, перемещает резак вдоль линии реза. В начале резки направление пламени перпендикулярно к металлу, затем его наклоняют в сторону, противоположную направлению реза. При нормальной скорости перемещения пламени поток искр параллелен струе режущего кислорода, с небольшим отклонением от направления реза. Трубу приходится разрезать, предварительно пробив в ней резаком отверстие.

Рис. 2.43. После выжигания краски, разогрева металла газорезчик приступил к резке; видно, как левой рукой рабочий подстраивает вентиль подачи кислорода, потоком которого разрезается металл

Для этого место отверстия прогревают, подключают режущий кислород и закрывают вентиль подачи пропан-бутановой смеси, т. е. гасят пламя.

Когда образовалось отверстие, открывают подачу пропан-бутана, он загорается от раскаленного металла, и резчик ведет пламя по линии реза. Такой способ предохраняет от обратных ударов и хлопков пламени. Точность ручной газопламенной резки должна отвечать первому классу точности, необходимому в холодильной технике; предельные отклонения составляют от +1 до ±3 мм, ширина реза 2–3 мм (рис. 2.44).

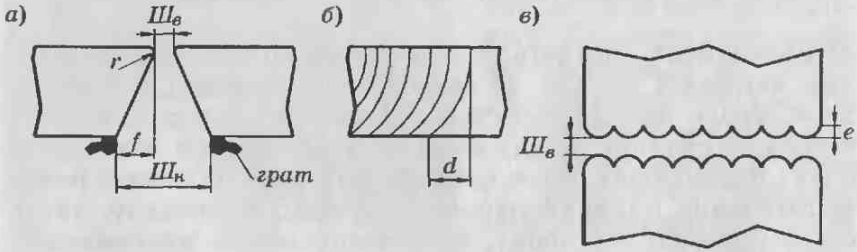


Рис. 2.44. Параметры реза: *а* — поперечное сечение реза; *б* — поверхность кромки внутри реза; *в* — вид реза сверху;

$Ш_в$ — ширина реза вверху (около 2 мм); $Ш_н$ — ширина реза внизу (около 2–2,5 мм); *f* — неперпендикулярность реза (около 0,2 мм); *r* — радиус оплавления верхней кромки; *d* — отставание; *e* — глубина бороздок (около 0,05–1 мм)

После резки необходимо обработать поверхность реза, удалить грат (прилипший к кромкам шлак), наплывы и неровности реза. Это делается шлифовальными машинами, круглыми напильниками или более старым способом — молотком.

2.2.3. РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА

Прежде чем производить сварку, следует подготовить кромки свариваемых деталей под сварку (рис. 2.45). Без разделки кромок возможна сварка трубопроводов с толщиной стенки лишь до 5 мм, при большей толщине стенки трубопроводов необходимо разделывать кромки для доступа сварочной дуги вглубь и полного проплавления кромок на всю их толщину. Сварные стыки в холодильной технике встречаются стыковые и угловые, здесь не рассматривается сварка металлоконструкций, имеется ввиду лишь сварка трубопроводов холодильных систем. Стыковые швы встречаются при сварке труб друг с другом, труб и отводов, переходов, заглушек, фланцев; угловые швы характерны для вварки бобышек под приборы КИПиА. Для получения качественного стыкового шва угол разделки кромок должен составлять не более 45°, разделка кромок V-образная. Притупление составляет 2 ± 1 мм, что обеспечивает правильное формирование шва и предотвращает прожоги в корне шва. Зазор равен 1–2 мм, что необходимо для проварки корня шва.

На серийных отводах, переходах, заглушках, фланцах и трубах разделка кромок выполнена, поэтому разделку необходимо проводить лишь на разрезанных участках труб.

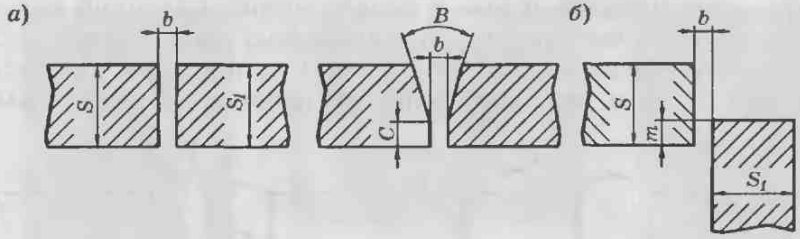


Рис. 2.45. Элементы геометрической формы подготовленных кромок под сварку стыковых (*а*), угловых (*б*) соединений:

b — зазор; *C* — притупление; *m* — смещение кромок; *S* и S_1 — толщины металла; *B* — угол разделки кромок

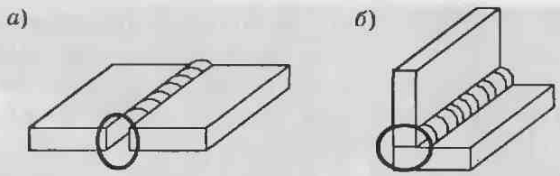


Рис. 2.46. Типы сварных соединений: *а* — стыковое; *б* — угловое

Угловое соединение не требует разделки кромок, бобышка при этом должна быть выполнена, как и для впаивания с уступом, входящим в отверстие в трубе, что позволит сформировать надежный и герметичный шов, бобышку запрещено вваривать в сварной шов, в отвод разрешается вваривать одну бобышку диаметром $Д_у$ не более 25 мм (исходя из требований прочности). Типы сварных соединений приведены на рис. 2.46.

По количеству наложенных слоев сварные соединения в холодильной технике бывают однослойными и многослойными. Многослойные редко бывают более двух слоев, двухслойный шов более надежен и долговечен, но и более дорог, поэтому применяется только для ответственных соединений, например нагнетательных трубопроводов компрессора.

Виды сварных соединений приведены на рис. 2.47.

Сущность сварки состоит в том, что расплавленные кромки трубопровода или бобышки соединяются между собой и возникает так называемая сварочная ванна, которая при остывании образует металл шва (рис. 2.48, 2.49 и 2.50). Вблизи границы оплавленной кромки находится зона сплавления размером всего несколько мкм, но она сильно влияет на прочность соединения. Расплавление кромок производят сварочной дугой, которая представляет собой устойчивый электрический разряд в сильно ионизированной смеси газов и паров материалов, применяемых при сварке. Для того чтобы образовалась сварочная дуга, сварщик касается металла концом электрода и быстро отводит его на 2–4 мм,

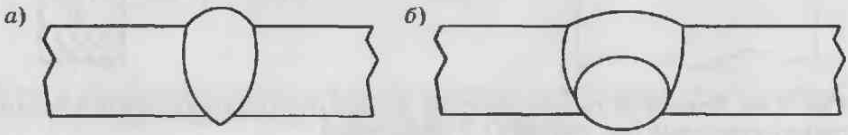


Рис. 2.47. Виды сварных соединений по количеству наложения слоев: *а* — однослойное; *б* — многослойное

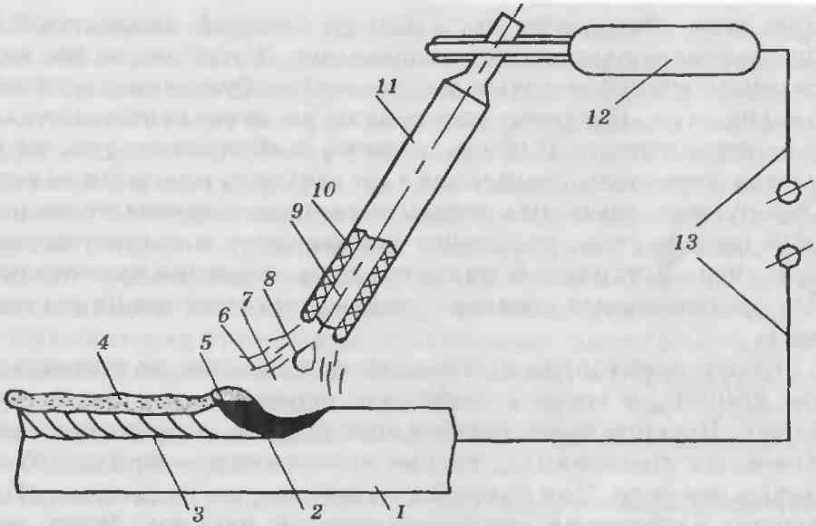


Рис. 2.48. Схема ручной дуговой сварки:

1 — основной металл (труба); *2* — сварочная ванна; *3* — закристаллизовавшийся металл шва; *4* — застывший шлак; *5* — расплавленный шлак; *6* — газовая защитная атмосфера дуги (факел); *7* — столб дуги; *8* — капля расплавленного металла; *9* — стержень электрода; *10* — покрытие электрода; *11* — покрытый электрод; *12* — электродержатель; *13* — сварочные провода, идущие к источнику питания дуги

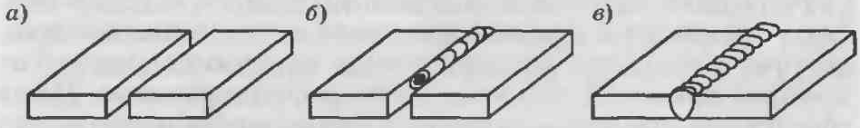


Рис. 2.49. Соединение деталей сваркой плавлением: *а* — перед сваркой; *б* — в процессе сварки (сварочная ванна); *в* — после сварки (сварной шов)

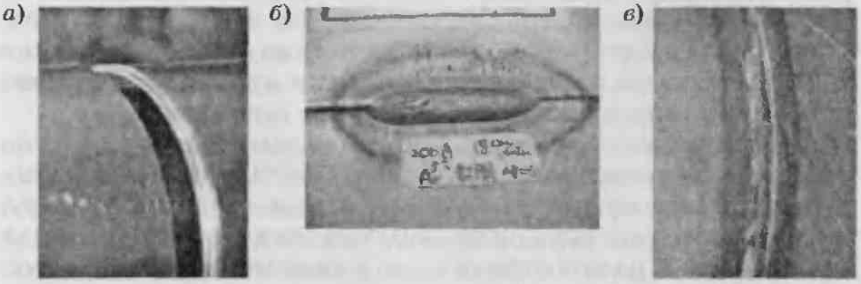


Рис. 2.50. Последовательность сварки плавлением: *а* — разделанные перед сваркой кромки трубы; *б* — прихватка; *в* — после сварки (сварной шов)

при этом образуется дуга, длину которой поддерживают опуская электрод по мере оплавления. Для образования дуги сварщик может использовать способ возбуждения дуги чирканьем, т. е. провести электродом по поверхности металла и быстро отвести. В обоих случаях возбуждение дуги начинается с короткого замыкания, от которого плавится металл. Образуемые пары при отводе электрода заполняют разрядный промежуток, возникает ионизация и начинается горение дуги. Устойчивой является дуга, горящая равномерно, без произвольных обрывов, требующих повторных зажиганий.

Конец электорода при сварке нагревается до температуры 2500 °С, и металл электрода переносится в сварочную ванну. Перенос происходит в виде капель, во всех пространственных положениях, весьма интенсивно — от 1 до 10 капель в секунду. Для ручной дуговой сварки покрытым электродом характерен крупнокапельный перенос. Часто возникают брызги расплавленного электродного металла, что происходит при электрическом взрыве перемычки между отделяющейся каплей и концом электрода под действием электромагнитных сил.

В сварочной ванне образуется сварочный шлак, защищающий жидкий металл от вредного воздействия воздуха и улучшающий качество шва. Вредные примеси — сера и фосфор — приводят к горячим трещинам и охрупчиванию шва, поэтому в покрытие вводят добавки, очищающие металл от вредных примесей, что называется рафинированием. Поры образуются при выделении из жидкого металла газов, это происходит при использовании влажных электродов, наличии влаги, окалины и ржавчины на свариваемых деталях.

Сварочная ванна может быть условно разделена на две части: в передней происходит расплавление металла за счет подвода теплоты, во второй — остывание за счет отвода теплоты окружающим холодным металлом, кристаллизация и формирование шва. Кристаллизация происходит при переходе металла из жидкого состояния в твердое.

Горячие трещины возникают при температуре окончания затвердевания металла (более 1200 °С), обычно проходят по границам кристаллов, холодные трещины (образуются при температуре ниже 300 °С) возникают на границах кристаллов и распространяются в течение времени по металлу шва и околошовной зоне. Трещины бывают поперечные, продольные в шве и околошовной зоне и поперечные по толщине свариваемого металла.

При неравномерном нагреве и охлаждении свариваемых деталей возникают термические напряжения и деформации. Наибольшие деформации возникают при сварке коррозионно-стойкой стали, так как ее теплопроводность ниже, а коэффициент термического линейного расширения выше, чем у малоуглеродистых сталей. При переходе из жидкого состояния в твердое металл становится более плотным, и возникает усадка — продольная и поперечная; при этом возникает коробление металла. По окончании формирования шва сварщик должен заварить так называемый кратер — углубление под электродом, заполненное жидким металлом, для этого сварщик доводит шов до конца, возвращается назад и поднимает электрод до обрыва дуги. Расстояние от дна кратера до поверхности основного металла называется глубиной провара.

Так же как и при пайке, существуют горизонтальный шов, вертикальный шов и потолочный шов. Сварка деталей в положениях, отличающихся от нижнего, весьма сложна, поэтому следует участки трубопроводов с такими швами сваривать в нижнем положении и затем в виде заготовок вваривать в магистраль. Необходимо предусмотреть такую последовательность сварки трубопроводов, чтобы исключить или свести к минимуму количество потолочных швов, так как сварщику приходится варить снизу вверх, короткими замыканиями конца электрода на сварочную ванну, выделение шлаков и газов затруднено, что приводит к ухудшению качества шва.

Обычно трубопроводы сваривают с применением прихваток. Разрезанные и разделанные участки трубы и фасонные части собирают в нужной последовательности, затем для их фиксации сварщик накладывает небольшой длины шов, обычно на трубе накладывают четыре симметричных прихватки длиной до 0,5 мм. В случае необходимости фиксированные прихватками детали можно разъединить. Прихватки помогают сварщику получить более качественный шов.

В случае сварки неответственных соединений близких по диаметру трубопроводов возможно применение обнижения диаметра трубопровода. Для этого газовым резаком торец трубы нагревают и кувалдой обстукивают по кругу до тех пор, пока их диаметры не совпадут. Также для трубопроводов, предназначенных для воды и хладоносителей, при отсутствии переходов допустимо изготовление сварных переходов, а при отсутствии отводов — сварка трубопроводов под углом, что нетехнологично из-за высокой трудоемкости.

Настоятельно рекомендуется, невзирая на высокую надежность описанных соединений, применять отводы и переходы заводского изготовления.

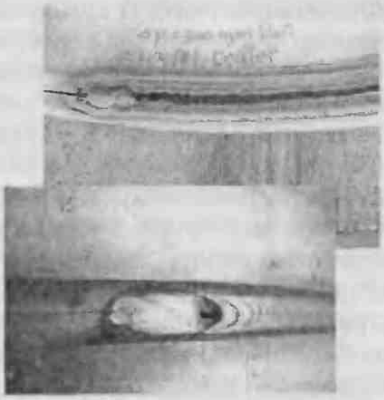
Дефекты сварных соединений (рис. 2.51) делятся на две группы:

связанные с металлургическими и тепловыми явлениями: горячие и холодные трещины, поры, шлаковые включения, неблагоприятные изменения свойств металла;

связанные с квалификацией сварщика: непровары, прожоги, подрезы, незаверенные кратеры.

В холодильной технике недопустимо появление любых дефектов сварных швов на трубопроводах холодильного агента (рис. 2.52). Следует при их обнаружении удалять дефектные участки отрезными машинами и газовой резкой с последующей заменой этих участков. На трубопроводах можно рекомендовать врезку на место дефекта катушки длиной 100 мм. Подрезы могут быть устранены наплавкой ниточного шва по всей длине дефекта, кратеры и прожоги заваривают. Число исправлений одного и того же участка не должно превышать трех.

а)



б)

в)

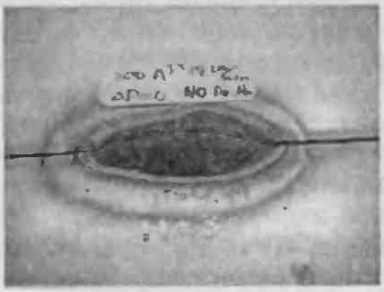


Рис. 2.51. Наружные дефекты сварных швов: *а* — прожоги (вверху) и незаваренный кратер (внизу); *б* — неравномерной формы шов; *в* — трещины и поры

Для контроля качества сварных соединений перед началом работ производят проверку квалификации сварщиков, качества сварочных материалов и работоспособность оборудования. Различают: входной контроль, заключающийся в дефектоскопии труб и фасонных частей; пооперационный контроль, заключающийся в правильности сборки деталей под сварку, соблюдении режима сварки; приемочный контроль, результаты которого фиксируют в сдаточной документации. Для проверки качества сварных соединений в холодильной технике применяют следующие виды контроля: в обязательном порядке внешний осмотр, испытания на плотность (фреоновые системы), на плотность и прочность (аммиачные системы) и по желанию Заказчика просвечивание рентгеновскими лучами, ультразвуковую дефектоскопию. Об испытаниях на плотность и прочность будет рассказано в главе, посвященной пусконаладочным работам, а в данной главе излагается краткая информация по неразрушающим методам контроля, все более широко используемых при монтаже холодильных систем.

Рис. 2.52. Сварка коллектора (виден местный отсос)

Рентгеновский контроль основан на том, что лучи, пронизывая сварной шов, встречают дефект и меняют свою интенсивность. Для этого рентгеновскую трубку помещают на некотором расстоянии от шва, с противоположной стороны устанавливают кассету с рентгеновской пленкой и усиливающие экраны. После проявки пленки обнаруживаются дефекты, выделяющиеся как более темные пятна. Со стороны рентгеновской трубки устанавливают пластинку того же металла — дефектометр, позволяющий определить размер дефекта и глубину его нахождения в металле. Ультразвуковой метод контроля основан на том, что ультразвуковая волна отражается от границы раздела двух сред, обладающих разными акустическими свойствами.

2.2.4. РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА В ЗАЩИТНОМ ГАЗЕ (АРГОНЕ)

При таком способе сварки дуга защищается от вредного воздействия окружающего воздуха газовой средой. Аргон подают относительно электрода центрально, одним концентрическим потоком, он не взаимодействует с расплавленным материалом и не растворяется в нем. Сварку производят неплавящимся электродом, который лишь частично оплавляется (температура плавления вольфрамового электрода выше 3400 °С) и испаряется. При такой сварке применяют присадочную проволоку; сварку можно вести во всех пространственных положениях, толщина свариваемых деталей до десятков миллиметров. Для данного вида сварки подготовка кромок заключается в очистке их от ржавчины, окалины, масла, влаги. Как и при ручной дуговой сварке покрытым электродом, следует производить основные швы в нижнем положении и избегать или сводить к минимуму число вертикальных и потолочных швов. На рис. 2.53 показан пример аргонодуговой сварки.

Рис. 2.53. Аргонодуговая сварка

2.2.5. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ МОНТАЖА ТРУБОПРОВОДОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

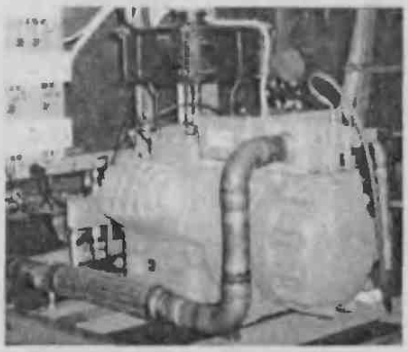
Когда оборудование установлено на рамах и фундаментах, начинается монтаж трубопроводов. У оборудования в составе фреоновых систем с медными трубопроводами присоединительные патрубки выполнены либо на накидных гайках, либо таким образом, чтобы трубопровод входил внутрь патрубка. Монтаж трубопроводов целесообразно начинать от компрессора к конденсатору, от конденсатора к испарителю и от испарителя к компрессору, однако порядок может быть и другим, в зависимости от особенностей условий работ. Связку трубопроводов необходимо вначале собрать «навесу» с тем, чтобы трубопровод шел ровно и под прямыми углами. На работу небольшой холодильной уста-

новки неровно собранный трубопровод существенного влияния не окажет, но высокопрофессиональные монтажники всегда укладывают трубопроводы идеально ровно. На нагнетании компрессора, когда используются медные трубы, часто устанавливают виброгаситель для гашения вибраций, возникающих на нагнетательном патрубке, с тем чтобы они не передавались на трубопроводы. Виброгаситель внутри под защитной оплеткой имеет металлический сильфон, при изгибании он деформируется и сохраняет впоследствии эту деформацию. Чтобы этого избежать, так как в месте изгиба сильфона впоследствии возникнет течь, виброгаситель нельзя изгибать, при установке оба конца должны быть жестко закреплены хомутами (рис. 2.54, *а*).

Стальные нагнетательные трубопроводы фреоновых и аммиачных холодильных установок (рис. 2.54, *б*) приваривают встык к патрубкам компрессора, при этом не используют виброгасители и посредством отводов и переходов присоединяют также встык к патрубкам конденсатора. Для предотвращения передачи вибрации к общему нагнетательному коллектору от нагнетательных трубопроводов компрессора горизонтальный участок должен иметь длину l не менее 1,5 м (рис. 2.55).

При монтаже нагнетательных трубопроводов, когда совместно работают два и более компрессоров, необходимо формировать коллектор и нагнетательный трубопровод от каждого компрессора врезать в коллектор соответствующего диаметра сверху. При параллельной работе компрессоров на общий нагнетательный трубопровод на нагнетании каж-

а)



б)

Рис. 2.54. Нагнетательные трубопроводы компрессоров: *а* — виброгаситель на нагнетании фреонового компрессора; *б* — нагнетательный трубопровод аммиачного компрессорного агрегата; виден запорный вентиль *после маслоотделителя*

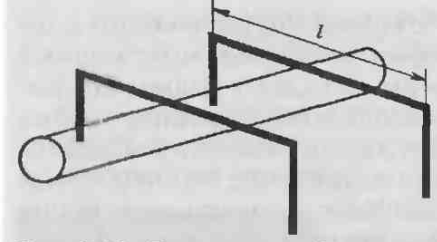


Рис. 2.55. Длина плеча l нагнетательного трубопровода (не менее 1,5 м)

дого компрессора врезают обратный клапан. Нагнетательные трубопроводы каждого компрессора, если у компрессора два нагнетательных патрубка, желательно не объединять в один, а присоединять каждый отдельно к нагнетательному коллектору. При объединении не следует общий коллектор делать таким образом, чтобы потоки шли навстречу друг другу. Общий нагнетательный трубопровод к конденсатору должен иметь уклон в сторону конденсатора от 0,5 до 2 %.

При совместной работе компрессоров на одну систему для предотвращения неравномерности уноса масла при остановках одного из компрессоров картеры компрессоров должны соединяться уравнительной линией по маслу либо, что более надежно и эффективно, системой принудительного возврата масла. Это наиболее актуально для централей, очень популярных при строительстве супермаркетов (рис. 2.56).

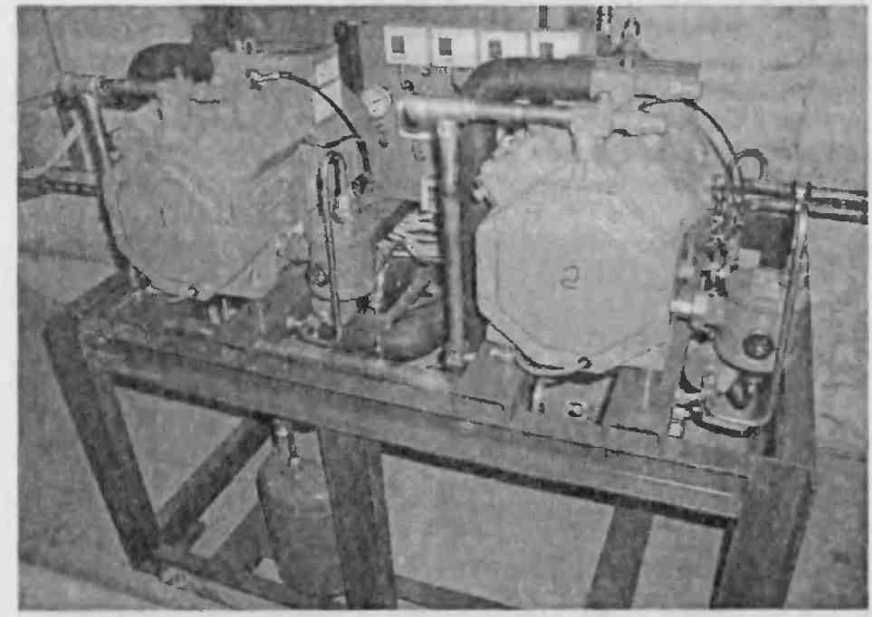


Рис. 2.56. Многокомпрессорный агрегат (централь); компрессоры оборудованы системой принудительного возврата масла, встроенной в смотровой глазок

Обычно вместо мощных компрессоров, имеющих более низкую стоимость и меньшее потребление энергии, устанавливают централь из многих компрессоров — от двух до четырнадцати. По российскому опыту и опыту зарубежных коллег эффективно работает система из не более чем четырех компрессоров любой конструкции. Автор обладает информацией по использованию в централях компрессоров как винтовых и поршневых, так и спиральных — «Bitzer», «Copeland», «Dorin», «Maneurop», «L'unite Hermetique».

Каждый производитель компрессоров имеет сведения о сборке многокомпрессорных агрегатов от фирм, использующих компрессоры в своем производстве. Общим следует считать то, что при не более четырех компрессорах и диаметре соединительного трубопровода, рекомендованном конкретным производителем, возврат масла не требует принудительной системы. Сложностью данного решения можно считать разнообразие рекомендованных диаметров, так как, например, фирма «Copeland» выпускает постоянно меняющийся ассортимент компрессоров и монтажнику или проектировщику попросту невозможно уследить за большим числом рекомендаций. Поэтому система без принудительного возврата масла рекомендуется лишь при типовом решении, когда используется неизменная схема с утвержденными марками компрессоров. В других случаях рекомендуется система принудительного возврата масла (рис. 2.57). Эта система не зависит от множества факторов и представляет собой простое поплавковое устройство, монтируемое обычно вместо смотрового глазка в картер компрессора.

Производители изготавливают системы возврата масла, учитывая конкретных производителей компрессоров, и в каталогах компрессоров есть ссылки на такие системы. Изготавливают более сложные системы возврата масла, но по

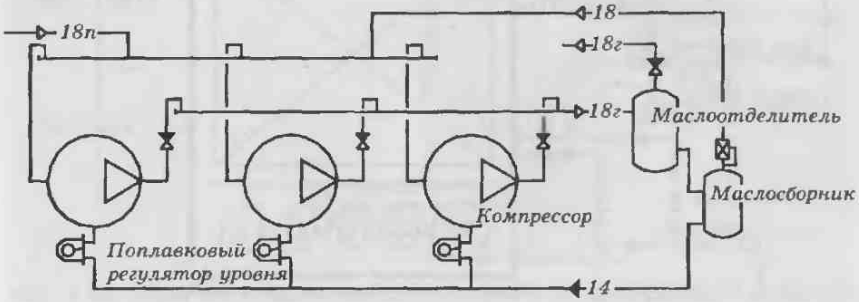


Рис. 2.57. Схема системы принудительного возврата масла

опыту эксплуатации следует считать немеханические системы возврата ненадежными и усложненными. Сложность устройства датчиков уровня и высокая стоимость системы в целом перевешивают возможные достоинства.

От конденсатора жидкостной трубопровод с уклоном от 0,5 до 2 % по ходу движения жидкости монтируют до жидкостного ресивера. Особенностями монтажа жидкостных трубопроводов аммиачных систем является то, что отбор паровоздушной смеси, направляемой на отделитель воздуха, производят из верхней части жидкостных трубопроводов после конденсатора. Обычно принято отбирать воздух из верхней точки конденсатора или из линейного ресивера. Но различными исследованиями установлено, что наилучшего отделения можно достичь в жидкостном коллекторе после конденсатора. Такова схема воздухоотделения, рекомендованная ведущими производителями испарительных конденсаторов «Baltimore», «Evapco» и схемами ЛТИХП (рис. 2.58).

При использовании компрессором маслоохладителей, охлаждаемых жидким холодильным агентом, существует ряд жестких требований по обеспечению их питания. Все эти требования относятся к схемам безнасосного питания маслоохладителей жидким холодильным агентом. Насосные схемы питания маслоохладителей жидким холодильным агентом независимы от высоты расположения термосифонного ресивера. Для нормальной работы компрессора масло-

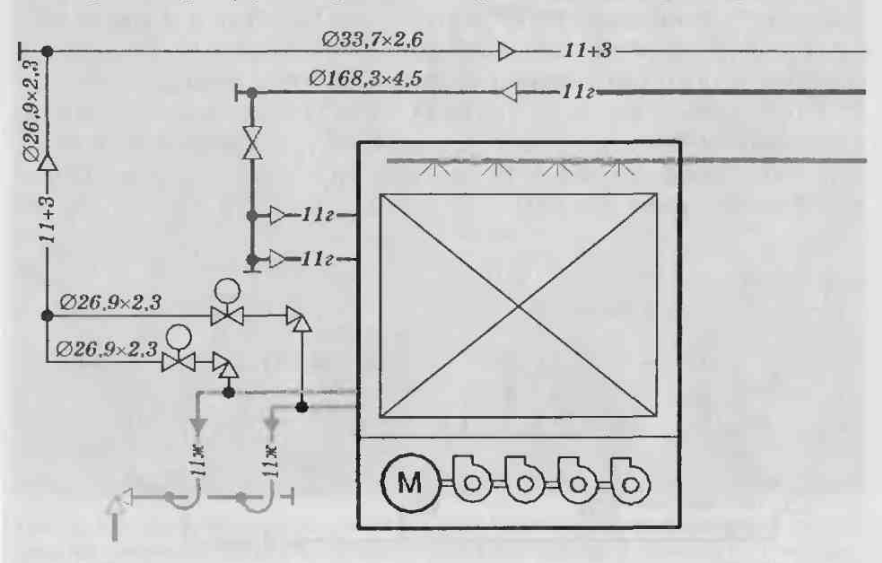


Рис. 2.58. Фрагмент принципиальной схемы отделения воздуха

охладители должны быть обеспечены жидким холодильным агентом, их питание приоритетно. Для этого в жидкостную линию между конденсатором и линейным ресивером встраивают термосифонный ресивер или для упрощения термосифонный коллектор, выполненный из отрезка трубы большего диаметра, такого объема, чтобы обеспечить питание маслоохладителей компрессоров в течение не менее 2 мин. Согласно схемам следует располагать термосифонный коллектор выше маслоохладителя не менее чем на 1,5–2 м и ниже конденсатора на величину, равную статическому напору, необходимому для преодоления сопротивления конденсатора (рис. 2.59). Трубопровод жидкого холодильного агента прокладывают с уклоном в сторону маслоохладителя 3 %. Общая магистраль от нескольких маслоохладителей должна прокладываться в сторону термосифона с уклоном 3 %. Трубопроводы врезают сверху со скосом 5° в сторону по направлению потока (рис. 2.60). Такое соединение называют поточным соплом, оно выполняет функцию эжектора, подсасывая за счет энергии потока горячих паров на нагнетании парожидкостную смесь из маслоохладителя. Схем термосифонного охлаждения множество, здесь приведен про-

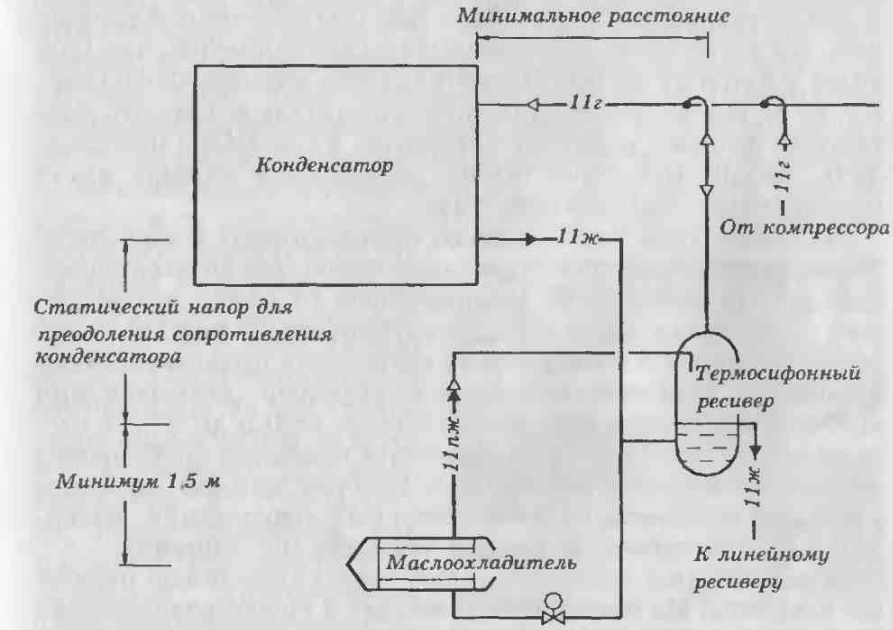


Рис. 2.59. Фрагмент принципиальной схемы термосифонного охлаждения

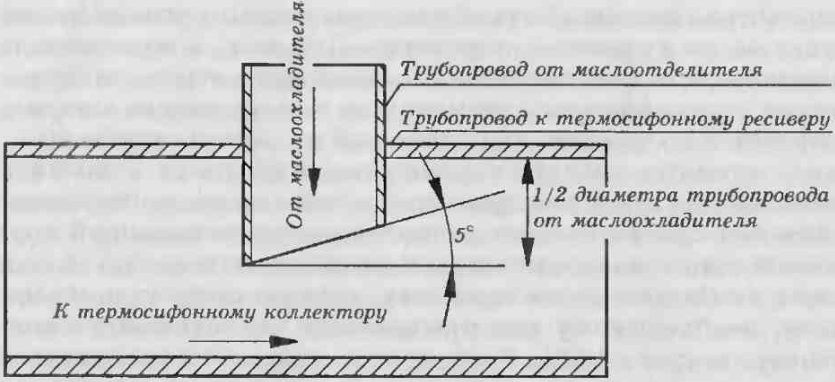


Рис. 2.60. Врезка поточного сопла схемы термосифонного охлаждения

стейший случай для иллюстрации важности соблюдения высот установки термосифонного ресивера.

От жидкостного ресивера трубопроводы ведут к испарителю, при этом следует учесть, что перед испарителем располагаются фильтр (фильтр-осушитель для фреоновых систем), соленоидный вентиль, смотровое стекло, дросселирующий орган и запорная арматура. Фильтры, вентили и дроссельные устройства могут быть как прямоточного исполнения, так и углового, присоединительные диаметры, как правило, у близких по производительности элементов совпадают, но не всегда. Поэтому следует внимательно изучить монтажные чертежи и данные каталогов, с тем чтобы представлять, какие диаметры трубы, переходы и отводы могут понадобиться при монтаже узла.

От испарителя трубопроводы присоединяют к всасывающему патрубку компрессора, аналогично нагнетательному. При работе нескольких компрессоров от одной всасывающей магистрали всасывающие трубопроводы каждого компрессора врезают в магистраль сверху для предотвращения попадания капель жидкости в компрессор. Всасывающий трубопровод прокладывают с уклоном от 0,5 до 2 % в сторону от компрессора. Всасывающий стальной трубопровод должен иметь горизонтальный участок длиной не менее 1,5 м для компенсации температурных деформаций, возникающих при работе на низкие температуры кипения.

Для насосных схем добавляют циркуляционные ресиверы и насосы. Из особенностей монтажа трубопроводов этих элементов холодильной установки следует отметить, что трубопровод от испарителя к циркуляционному ресиверу про-

кладывают с уклоном от 0,5 до 2 % к ресиверу. Необходимо тщательно подбирать марки сталей трубопроводов, фланцев, арматуры и соблюдать качество наложения сварных швов, так как наибольшее число аварий холодильных установок связано с обрывом трубопроводов жидкого холодильного агента вблизи насосов.

Узел обвязки циркуляционных насосов сложен обилием фланцевых соединений, врезок отборных устройств приборов КИПиА, переходов, низкими температурами, при которых приходится работать сварным соединениям, и постоянными вибрационными нагрузками. Нельзя вваривать бобышки и отборные устройства в отводы и переходы; на трубопроводах следует предусмотреть для этого специальные участки (рис. 2.61). Следует отметить, что при температурах кипения ниже минус 45 °С вместо фланцевых соединений выступ—впадина необходимо для более плотной герметизации соединения и недопущения подсоса воздуха применять фланцы шип—паз.

Трубопроводы слива талой воды из поддонов воздухоохладителей необходимо прокладывать со значительным уклоном, для того чтобы вода надежно покидала сливной трубопровод и не замерзала в нем (рис. 2.62). Обычно рекомендуется уклон не менее 3 %. Но уклон следует делать чем больше, тем лучше, чтобы вода не задерживалась в трубах, так как трубы слива со временем забиваются, поэтому для уверенного опорожнения рекомендуется уклон не менее 15–30 %. Из тех же соображений трубопроводы слива воды из испарительных конденсаторов и градирен должны прокладываться со значительным уклоном до 30%, если нет возможности обеспечить вертикальный слив (рис. 2.63). Такие предосторожности не лишние, так как, например, в Санкт-Петербурге температура за несколько часов может упасть от плюс 8 °С до минус 20 °С и вода, замерзнув в трубопроводе, может повредить его. В Санкт-Петербурге по этим причинам трубопроводы слива дополнительно изолируют тепловой изоляцией и устраивают обогрев.

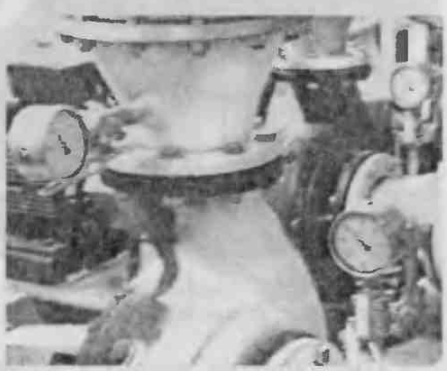


Рис. 2.61. Отборное устройство для манометра, неправильно вваренное в переход на нагнетании насоса

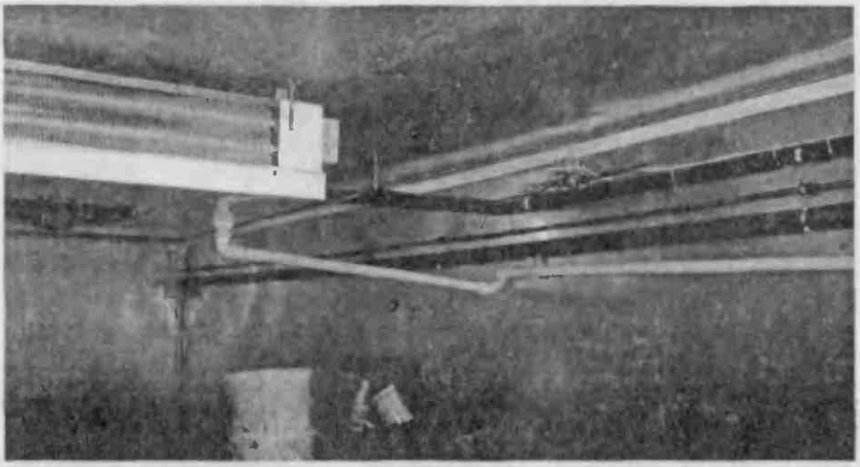


Рис. 2.62. Трубопроводы слива талой воды, проложенные со значительным уклоном в сторону слива

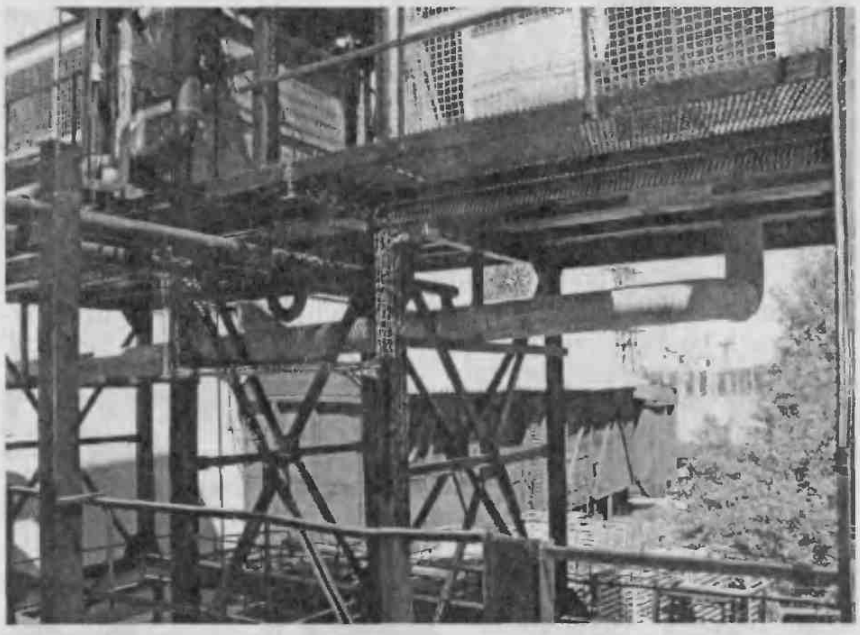


Рис. 2.63. Трубопровод слива обратной воды от поддона испарительного конденсатора, проложенный с уклоном в сторону бака для воды

При обвязке водяных насосов и насосов хладоносителя следует использовать на всасывании эксцентрические переходы, так как при использовании концентрических перехо-

дов в верхней их части может скапливаться воздух (рис. 2.64). Подобные проблемы наблюдаются очень редко, но тем не менее могут встретиться, поэтому не следует пренебрегать предосторожностью. Так же как и при обвязке насосов холодильного агента, при обвязке насосов воды и хладоносителя используют большое количество переходов, врезают большое коли-

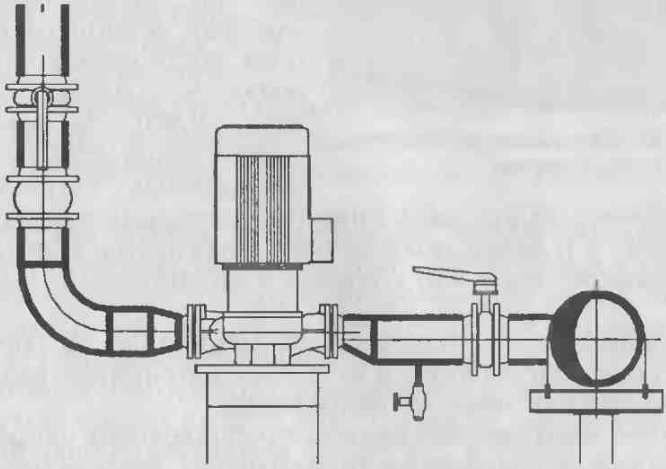


Рис. 2.64. Использование эксцентрического перехода на всасывании насоса и концентрического на нагнетании

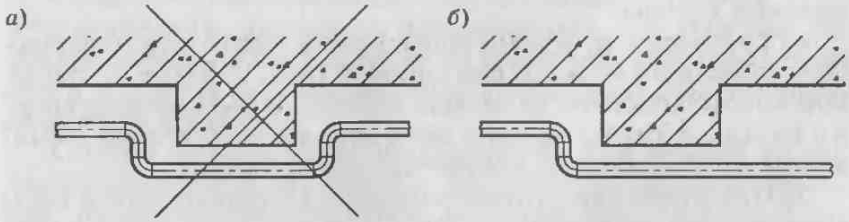


Рис. 2.65. Прокладка парового трубопровода: *а* — жидкостной мешок на газовой линии; *б* — правильная прокладка

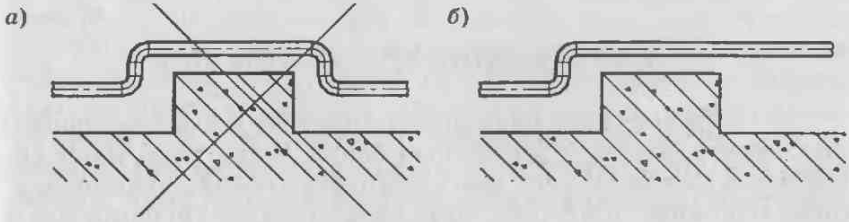


Рис. 2.66. Прокладка жидкостного трубопровода: *а* — газовая петля на жидкостной линии; *б* — правильная прокладка

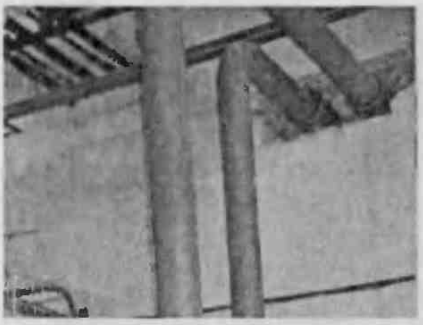


Рис. 2.67. Прокладка трубопровода сквозь стену в гильзе

чество отборных устройств приборов КИПиА.

Общие требования по прокладке трубопроводов таковы.

1. На паровых трубопроводах не должно быть жидкостных мешков (рис. 2.65), а на жидкостных трубопроводах — воздушных петель (рис. 2.66). В противном случае жидкостные мешки на паровых трубопроводах потребуется оборудовать линиями постоянно действующего дренажа, а в воздушных петлях потребуется обеспечивать отделение воздуха, что приведет к излишнему усложнению схем.

2. Запрещается прокладывать аммиачные трубопроводы по стене, имеющей окна, и крышам зданий, непосредственно не питаемых от этих трубопроводов.

3. При монтаже аммиачных трубопроводов запрещается прокладывать транзитные трубопроводы, непосредственно не питающие охлаждающие приборы в данном помещении, и устанавливать запорную арматуру непосредственно в холодильной камере.

4. Трубопровод, проходящий сквозь стену или перекрытие, должен быть защищен гильзой (рис. 2.67), т. е. отрезком трубы большего диаметра, пространство между стенками гильзы и трубы должно быть заполнено (в случае аммиачных трубопроводов негорючим материалом).

5. При прокладке трубопроводов хладоносителей и воды запрещается сваривать между собой трубопроводы из коррозионно-стойкой и углеродистой или низколегированной стали, так как при этом повышается коррозия соединения.

2.2.6. КРЕПЛЕНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Существует большое количество способов крепления трубопроводов, однако появление новых хомутов и видов изоляции позволяет рекомендовать несколько конструкций. Основная проблема при закреплении трубопроводов в холодильной технике состоит в необходимости обеспечить непрерывность тепловой изоляции. Необходимость обеспе-

чить тепловую изоляцию мест крепления трубопроводов объясняется не столько потерями холода, сколько неудобствами в последующей эксплуатации. На стальных конструкциях, контактирующих с холодной трубой, образуются конденсат или снеговая шуба, вызывающие сильную коррозию, а также образуются обширные лужи и капель, что совершенно справедливо не устраивает Заказчика.

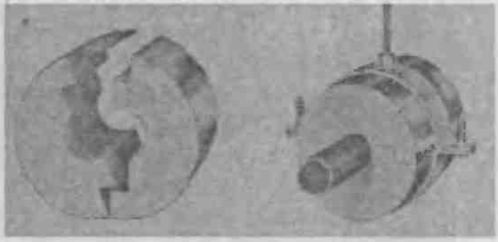


Рис. 2.68. Хомут с тепловой изоляцией

Отсутствие капели и намерзаний вполне обеспечивают хомуты с тепловой изоляцией (рис. 2.68). Такой хомут позволяет закреплять трубопроводы различной массы, диаметром $Д_у$ до 300 мм, во всех пространственных положениях и избежать нарушения тепловой изоляции, так как изоляцию трубопровода стыкуют непосредственно с изоляцией хомута. Внутри такого хомута для придания жесткости находятся пенополиуретановые скорлупы, в торце — вспененный каучук, наружное покрытие выполнено из алюминия или стали.

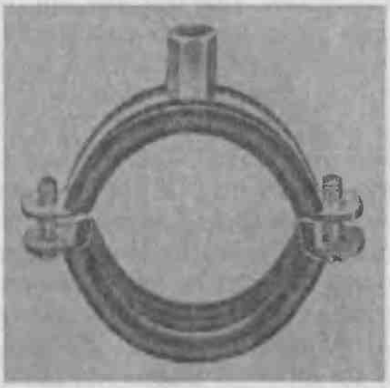
К недостаткам серийных хомутов следует отнести высокую стоимость, однако на предприятиях при монтаже подобные хомуты изготавливают из пенополиуретановых скорлуп и полос стали, эксплуатация такого рода хомутов показала их надежность.

Хомуты с резиновыми прикладками или без них на различные диаметры применяют для закрепления трубопроводов, не требующих тепловой изоляции (рис. 2.69 и 2.70). Хомут крепят к конструкциям при помощи шпильки, диаметр которой тем больше, чем выше диаметр трубы. Шпильку ввинчивают в резьбовое отверстие в одной из половинок хомута. Половинки хомута закрепляют друг к другу винтами, в нижней половинке нарезана резьба. Для того чтобы зафиксировать трубу, хомут при помощи шпильки закрепляют на конструкции, удалив один из винтов, хомут надевают на трубу и, вставив винт, затягивают хомут. Так как хомуты имеют некоторую свободу благодаря длине стяжных винтов, то их используют сразу на два-три диаметра трубы, что удобно и делает их более универсальными. Большим достоинством таких хомутов можно считать и возможность

Рис. 2.69. Хомут с резиновой прокладкой: варианты закрепления неизолированных трубопроводов такими хомутами

укладки тепловой изоляции поверх хомута для предотвращения конденсации и теплопотерь. Такая конструкция часто находит место при монтаже небольших холодильных установок. Недостатком можно считать образование на шпильке конденсата и льда при низких температурах в тру-

а)



б)

Рис. 2.70. Хомут с резиновой прокладкой: *а* — конструкция; *б* — применение на изолированном трубопроводе

бопроводе, но шпильки используют оцинкованные, количество конденсата и теплопотери невелики.

Наиболее опробованной и применяемой следует считать конструкцию, когда трубу укладывают на состоящее из двух половинок деревянное или пенополиуретановое основание, для того чтобы предотвратить охлаждение металлоконструкций, на которых крепится трубопровод и охватывается полукруглой скобой с нарезанной на концах резьбой (рис. 2.71). Для придания жесткости и предотвращения деформаций основание можно обернуть алюминиевой или стальной полосой толщиной 0,6 или 0,8 мм. Такая конструкция может быть изготовлена на месте монтажа либо заказана на заводах-изготовителях. Изготовление займет много времени, потребует усилий двух-трех рабочих, но будет изготовлено ровно столько конструкций, сколько необходимо, что сэкономит много средств и усилий по доставке дорогостоящих систем поддержки трубопроводов зарубежного производства. Преимуществом можно считать непрерывность теплоизоляционного слоя, так как пенополиуретан или дерево можно оклеить вспененным каучуком либо полиэтиленом и пристыковывать основную изоляцию к оклеенной поверхности. Так же немаловажным является простота изготовления бугелей — требуются тиски и плашка. Часто используют не рекомендованную конструкцию, когда хомутом-бугелем закрепляют трубу и затем накладывают тепловую изоляцию поверх соединения. Такая операция требует от изолировщика большого умения, так как укладка изоляции на такую конструкцию — тродоемкий процесс. Большим недостатком является и трудность укладки покровных слоев

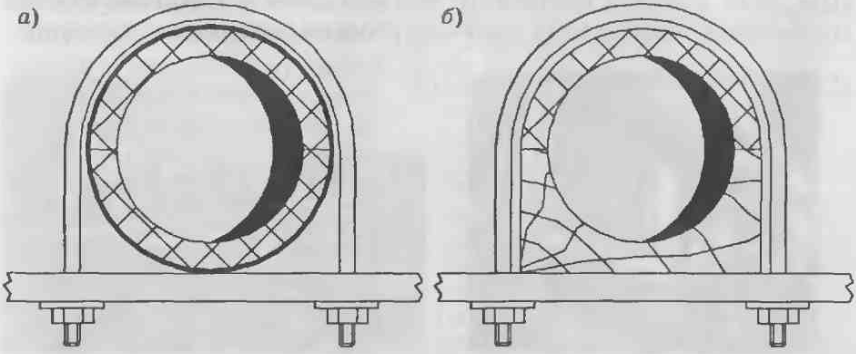


Рис. 2.71. Хомут типа бугель: *а* — конструкция с использованием пенополиуретановых скорлуп; *б* — конструкция с использованием деревянной подставки

поверх хомутов. Однако такая конструкция может быть использована при отсутствии альтернатив.

Подвесные и скользящие опоры в холодильной технике мало распространены. Большим достоинством таких опор можно считать возможность компенсации температурных деформаций трубопровода, но сложность конструкции, дороговизна, неприспособленность к особенностям холодильной техники и небольшое число производителей сдерживают их применение.

Так как при монтаже температура окружающего воздуха может быть, например, до 45 °С, а рабочая температура холодильного агента, например, −48 °С, то в трубопроводе возникнут температурные деформации, он сократится. На каждые 100 °С сокращения 1 м трубы составляют 1,2 мм. Для компенсации температурных деформаций в холодильной технике не рекомендуется делать петли на прямых участках, так как это создает дополнительные гидравлические потери и усложняет монтаж. Рекомендуется компенсировать температурные деформации такой прокладкой трубопроводов, чтобы исключить длинные прямолинейные участки трубопроводов и компенсировать температурные деформации поворотами (рис. 2.72, *а*). В холодильной технике длинных прямолинейных участков немного, обычно самыми длинными прямолинейными участками трубопроводов холодильного агента с низкой температурой кипения являются всасывающие коллекторы, но их длина составляет не более 20 м. Однако трассы хладоносителя, а иногда и холодильного агента могут достигать 200 м и более (рис. 2.72, *б*), температурные сокращения на которых не более 150 мм. При этом масса 1 погонного метра трубы с хладоносителем достигает 450 кг, что исключает применение подвесных опор.

а)

б)

Рис. 2.72. Трубопроводы: *а* — большое число поворотов, компенсирующее температурные деформации; *б* — наружная траса хладоносителя с прямолинейными участками длиной до 450 м

Такие трубопроводы необходимо укладывать на опоры, предусматривающие некоторое перемещение при температурных деформациях, например с хомутом типа бугель. Такая опора выдерживает значительные нагрузки и позволяет трубопроводу в известных пределах перемещаться в продольном направлении.

При закреплении трубопроводов к балкам и конструкциям двутаврового сечения хомут можно закреплять, просверлив полку либо приварив хомут к полке, но выпускают специальные струбцины, которые можно закрепить на полке. В струбцине предусмотрены крепления для хомута.

В каталогах заводов-производителей обычно указаны допустимые нагрузки на опоры трубопроводов и хомуты, тем не менее, при монтаже следует консультироваться со строителями. Строители рассчитывают нагрузки от трубопроводов на строительные конструкции. При проектировании зданий в стыках потолочных плит выпускают закладные части для закрепления трубопроводов и предусмативают проемы для прохода сквозь стены и перекрытия. Бетонные плиты имеют стандартные размеры. Закладные части можно выпустить лишь в межплитовом шве; они зачастую не совпадают с трассировкой трубопроводов, поэтому необходимо предусматривать несколько закладных, к которым закрепляют поперечину, где крепят подвесные опоры или куда укладывают трубопроводы. Тесное сотрудничество монтажников холодильных систем со строителями происходит при реконструкциях и расширениях уже существующих предприятий, где существуют разветвленные системы трубопроводов, здания эксплуатируются длительное время, строительные конструкции ослаблены и крепление трубопроводов затруднено. Также строители предусматривают по заданию холодильщиков при устройстве закладных частей и опор трасс наружных трубопроводов необходимые уклоны. Каждая последующая поперечина ставит-

Таблица 2.1

Максимальные расстояния между опорами трубопроводов, м

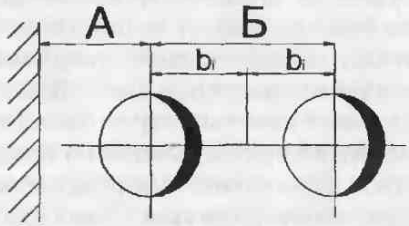
$Д_у$, мм	Трубопроводы	
	неизолированные	изолированные
25	2,0	2,0
32	2,0	2,0
40	3,0	2,5
50	4,0	3,0
65	4,0	4,0
80	5,0	4,5
100	5,0	4,5
125	6,0	5,0
150	8,0	6,0
200	8,0	7,0
250	10,0	8,0
300	12,0	9,0
350	12,0	9,0

ся ниже предыдущей, обеспечивая тем самым необходимый уклон.

Опоры и подвески необходимо устанавливать на расстоянии не менее чем 50 мм от сварных швов для труб диаметром $Д_у < 50$ мм и не менее 200 мм для труб диаметром $Д_у > 50$ мм. Максимальное расстояние между опорами для трубопроводов следует принимать в соответствии с табл. 2.1, что позволит избежать провисания трубопроводов; данные

Таблица 2.2

Расстояния между осями смежных трубопроводов и от трубопроводов до стенок каналов и стен зданий, мм



$Д_у$, мм	Изолированные трубопроводы								Неизолированные трубопроводы			
	при температуре стенки, °С						без фланцев		с фланцами в одной плоскости при давлении среды, МПа			
	ниже −30		от −30 до +19		от +20 до +600				до 1,6		2,5 и 4,0	
	A	b_1	A	b_2	A	b_3	A	b_4	A	b_5	A	b_6
10	190	140	170	120	170	120	60	30	100	70	100	70
15	190	140	170	120	170	120	60	30	100	70	100	70
20	210	160	170	120	200	150	70	40	110	80	110	80
25	220	170	180	130	200	150	70	40	110	90	110	90
32	240	190	180	130	200	150	70	40	120	100	120	100
40	240	190	180	130	200	150	80	50	130	100	130	100
50	270	220	210	160	230	180	80	50	130	110	130	110
65	300	250	240	190	280	230	90	60	140	120	140	120
80	310	260	250	200	310	260	100	70	150	130	150	130
100	370	300	310	240	350	280	110	80	160	140	170	140
125	410	340	350	280	370	300	120	100	180	150	190	160
150	420	350	360	290	380	310	130	110	190	170	200	180
200	450	380	390	320	430	360	160	140	210	190	240	210
250	500	430	440	370	460	390	190	160	260	230	280	250
300	560	480	500	420	520	440	210	190	280	260	310	280
350	610	530	550	470	550	470	240	210	310	290	340	310
400	690	590	630	530	630	530	260	240	340	320	380	360
450	740	640	680	580	670	560	290	270	370	350	390	370

приведены для трубопроводов, заполненных водой, с тепловой изоляцией из минеральной ваты. Для трубопроводов холодильного агента поэтому имеется дополнительный запас, так как пары холодильного агента имеют малую массу — применяемые теплоизоляционные материалы легче минеральной ваты и трубопроводы соответственно легче.

Расстояния между осями смежных трубопроводов холодильного агента, хладоносителей и воды, и от этих трубопроводов до стенок каналов и стен зданий для трубопроводов, приведены в табл. 2.2.

2.3. АРМАТУРА И КИПиА

Значительный объем работ при монтаже холодильных систем приходится на установку запорной и регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. При установке арматуры и приборов КИПиА следует учесть, что внутри нее есть части, выполненные из плавких материалов (например, фторопласта). Поэтому перед пайкой или сваркой необходимо удалить их из изделия либо при невозможности разобрать изделие — использовать для отвода теплоты термоотводящие пасты или обмотать влажной тряпкой. Пламя горелки должно быть направлено в сторону трубы, чтобы не перегревать и не повредить корпус вентиля или прибора. Приборы КИПиА часто имеют пластиковые корпуса, легко повреждаемые пламенем горелки, поэтому для предотвращения повреждений их следует закрывать металлическими экранами.

Фланцы (рис. 2.73, *а* и *б*) стягивают болтами и шпильками, гайка должна быть навинчена так, чтобы число выступающих над ней ниток резьбы было не менее 1 и не более 3. Гайки болтов располагают с одной стороны. Затяжку соединений с мягкими прокладками (поранит, фторопласт) производят методом крестообразного обхода, с медными или алюминиевыми — круговым обходом. Крестообразный обход (затяжка гаек, расположенных друг напротив друга, вначале несильно, затем до необходимого усилия) производят потому, что прокладки мягкие и, если стянуть гайки сразу до необходимого усилия, прокладка деформируется в одном месте, а не равномерно и фланец встанет неровно. Металлические прокладки лишены такого недостатка, поэтому нет необходимости компенсировать деформации прокладки, но

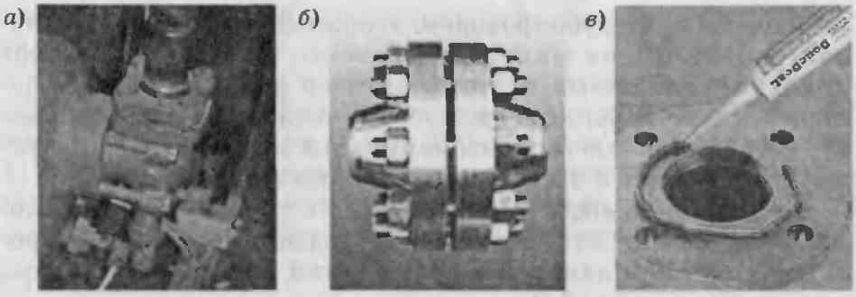


Рис. 2.73. Фланцы: *а* — соединение нагнетательного вентиля компрессора, прокладка металлическая; *б* — соединение с паранитовой прокладкой, так как температуры ниже 40 °С, применены шпильки; *в* — формирующий герметик

и на металлических прокладках не следует затягивать гайки до необходимого усилия; круговым обходом необходимо постепенно затягивать гайки. Современные методы с использованием герметиков, формирующих прокладку, лишены всех вышеперечисленных недостатков (рис. 2.73, *в*). При температурах ниже −40 °С для стяжки фланцевых соединений применяют только шпильки.

Запорные вентили могут присоединяться к трубопроводам накидными гайками, фланцами, пайкой и сваркой (рис. 2.74). Накидными гайками, фланцами и сваркой присоединяют вентили как аммиачные, так и фреоновые, пайкой — только фреоновые. На накидных гайках фреоновые вентили присоединяют посредством бортования трубы, по схеме ниппельного соединения. Фреоновые вентили в схемах, где используют стальные трубы, и аммиачные вентили присоединяют посредством накидных гаек, в которые вставлен стальной штуцер, он прилегает непосредственно к вентилю, и к нему приваривают трубу. Монтажникам рекомендуется избегать применения запорной арматуры на накидных гайках, так как соединение со временем ослабляется и при эксплуатации гайки приходится постоянно подтягивать. Общее требование на территории России к монтажу вентилей таково, что штоком вниз их устанавливать запрещено, это продиктовано безопасностью в эксплуатации, чтобы остатки холодильного агента (аммиака) и масла не пролились на ремонтника. Фактически большинство современных вентилей допускается по инструкциям изготовителей устанавливать штоком вниз.

Фреоновые запорные вентили, присоединяемые к медной трубе пайкой, бывают шаровыми и мембранными; последние

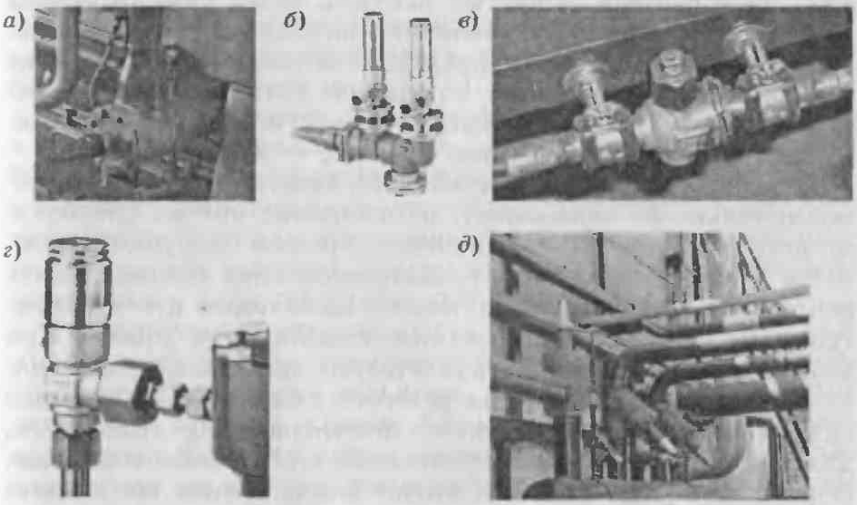


Рис. 2.74. Вентили: *а* — под сварку; *б* — под фланец; *в* — под пайку; *г* — под накидную гайку (штуцерно-ниппельное соединение); *д* — примеры правильной установки вентилей (штоком вверх) и неправильной установки (штоком вниз)

менее распространены. Шаровый запорный вентиль при пайке необходимо обернуть влажной тряпкой, его запрещено припаивать сальником вниз. На корпусе нанесена стрелка направления потока среды. Пайку вентиля можно производить только в открытом положении (рис. 2.75). Для фреонового шарового вентиля направление потока среды имеет значение. Сальник закрывается резьбовой крышкой, ее часто заедает, поэтому на ней есть шлицы под ключ. Шток выполнен четырехгранным, его крутят рожковым гаечным ключом; существуют два положения: открыто — закрыто. Внизу вентиля расположены резьбовые отверстия для крепле-

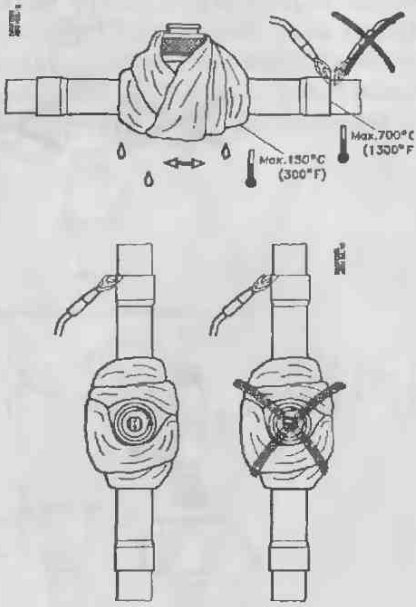


Рис. 2.75. Фрагмент инструкции «Danfoss» по монтажу шарового вентиля GBC

ния. Мембранный запорный вентиль перед пайкой, чтобы не повредить мембрану, разбирают рожковым гаечным ключом. Следует учитывать направление потока. Сальником вниз устанавливать запрещено, крепят за лапы или за крепежные отверстия внизу. Сальниковый вентиль имеет маховик. Существуют два положения: открыто — закрыто.

Стальные запорные вентили при сварке разбирают и дополнительно не охлаждают, направление потока для большинства вентилей имеет значение, кромки патрубков разделаны V-образно под сварку, сальником вниз устанавливать запрещено. Вентили выполняют с маховиком и с четырехгранным штоком, защищенным крышкой на резьбе. При монтаже необходимо учесть расстояние, необходимое для снятия крышки. Вентиль для ревизии разбирают со стороны сальника; его крепят винтами с шестигранными головками, для разборки используют рожковые ключи либо торцевые. Обратнозапорные вентили имеют аналогичные требования по монтажу, так как выполнены в корпусах обычных запорных вентилей. Однако пространственные положения боль-

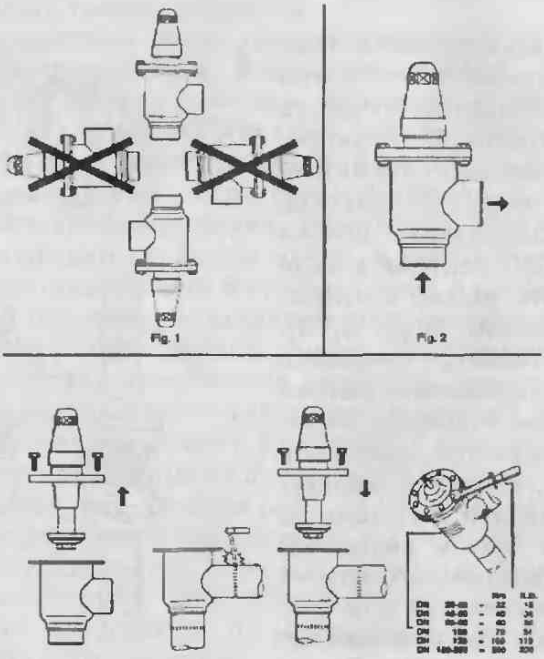


Рис. 2.76. Фрагмент инструкции «Danfoss» по монтажу обратнозапорного вентиля SCH

ше ограничены, вентили можно устанавливать только штоком вверх, вбок устанавливать из-за конструктивных особенностей запрещено (рис. 2.76).

Выпускают шаровые запорные вентили для аммиака, в том числе и цельносварные, диаметром $Д_у$ до и более 300 мм, а также дисковые затворы, однако в России их применение ограничено из-за отсутствия соответствующих сертификатов. Вентили приваривают к трубам, патрубки имеют V-образную разделку, запрещается устанавливать их сальником вниз, затворы монтируют на фланцах.

Регулирующие вентили выпускают стальными, под сварку, их перед присоединением необходимо разобрать, чтобы не повредить набивку сальника, для разборки понадобятся рожковые гаечные ключи. Сальником вниз монтировать запрещено. Вентили имеют различные дюзы, позволяющие один и тот же вентиль использовать на разные производительности (рис. 2.77).

Смотровые глазки выпускают для фреоновых систем под пайку и бортовку с медными или латунными патрубками. Их при пайке необходимо оборачивать влажной тряпкой (рис. 2.78), но при этом не допускать попадания влаги вовнутрь, так как обычно в глазке стоят индикаторы влаги. Для того чтобы не применять дорогостоящий глазок при больших диаметрах трубопровода, достаточно врезать сбоку в середине трубы глазок диаметром $Д_у = 6$ мм. Смотровые глазки для аммиака применяют редко, они выполнены из стали, к трубам прикрепляют на фланцах.

Фильтры для фреоновых систем выполняют функцию осушителя, производятся под пайку с медными патрубками и на накидных гайках, со сменными патронами или герметично запаянные. При пайке фильтры необходимо оборачивать влажной тряпкой, но надо следить, чтобы влага не попала вовнутрь. Фильтры со сменными вставками при пайке разбирают, для этого вскрывают крышку, закрепляемую винтами, и вынима-

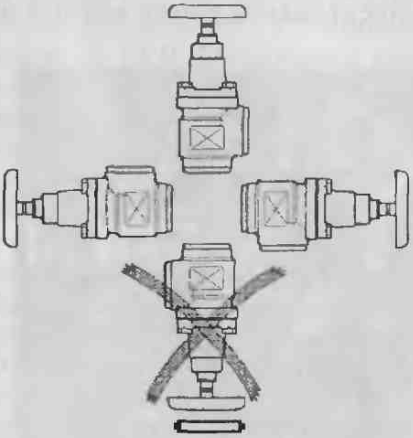


Рис. 2.77. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу регулирующего вентиля REG

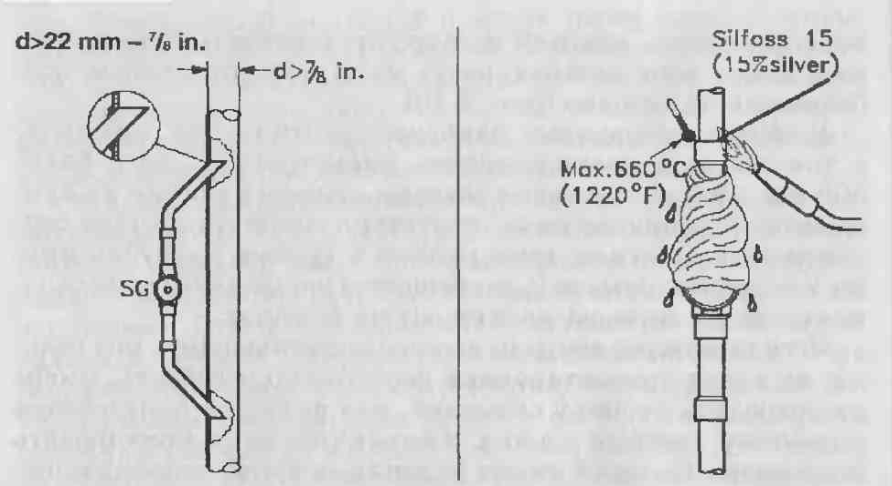


Рис. 2.78. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу смотрового глазка SGN

ют патрон, в этом случае фильтры не оборачивают тряпкой (рис. 2.79). Аммиачные фильтры имеют лишь фильтрующие съемные сетки с различными размерами ячеек; выполняют их под сварку и фланцевыми. Для всех фильтров в холодильной технике имеет значение направление потока, поэтому необходимо их монтировать в соответствии со стрелками на корпусе, крышкой вниз устанавливать запрещено.

Обратные клапаны производят для фреоновых систем под пайку (клапан имеет медные патрубки), под бортовку, фланцевые под сварку и пайку и для аммиачных систем — только фланцевые под сварку (рис. 2.80). Для обратного клапана указано направление течения среды стрелкой на корпусе. Припаиваемые клапаны обматывают влажной тряпкой, у фланцевых фланцы снимают перед монтажом, приваривают или припаивают фланцы к трубопроводам и вновь собирают с обратным клапаном. Для аммиака и фреона выпускают стальные привариваемые

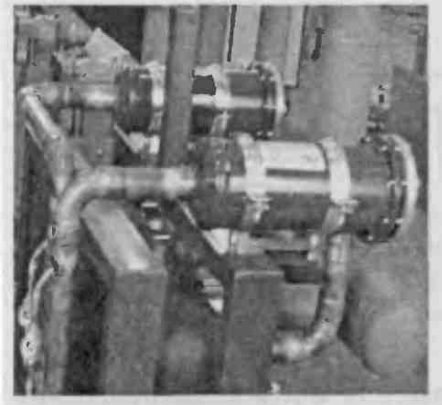
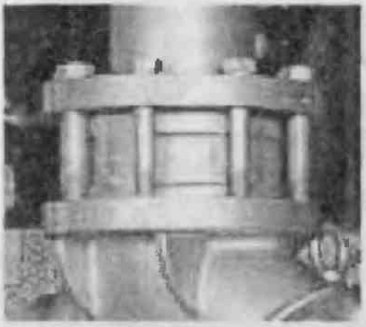


Рис. 2.79. Фильтры-осушители; слева видны смотровые глазки

а)



б)

Рис. 2.80. Клапан обратный: *а* — стальной, установленный на нагнетании аммиачного компрессора; *б* — латунный, установленный на нагнетании фреонового компрессора

обратнозапорные вентили, которые являются равноценными заменителями обратного клапана.

ТРВ присоединяют на накидных гайках, фреоновые — пайкой, аммиачные — сваркой. Присоединение фреоновых ТРВ может быть комбинированным: один патрубок — на накидной гайке, второй — на пайке. Термобаллон ТРВ устанавливают только в горизонтальном положении. ТРВ монтируют с учетом направления движения среды, указанного на корпусе стрелкой. ТРВ большой мощности состоят из тела вентиля, дюзы и верхней части, которую крепят к телу четырьмя винтами с внутренним шестигранником; для разборки требуются шестигранные ключи. Дюзы сменные. Один ТРВ может использоваться на несколько производительностей. На ТРВ выбит сверху номер. Регулировка ТРВ производится регулировочным штоком. К ТРВ прилагается специальный ключ. Шток закрыт колпачком на резьбе, резьба коническая. При протечке сальника течь временно может быть перекрыта затяжкой колпачка. При пайке и сварке верхняя часть ТРВ снимается.

ТРВ больших производительностей имеют фланцы, к которым и приваривают трубы, фланцы стягивают между собой шпильками. Пламя горелки следует направлять от корпуса в сторону трубы, чтобы не повредить корпус ТРВ (рис. 2.81). Капиллярную трубку к термобаллону прикрепляют без контакта с металлическими частями, так как при вибрации трубка может истереться и потерять герметичность. Рекомендуется прокладывать капиллярную трубку поверх изоляции пластиковыми стяжными хомутами либо в месте крепления другим способом, обматывать трубку предохранительным слоем. Термобаллон крепят к трубе со сме-

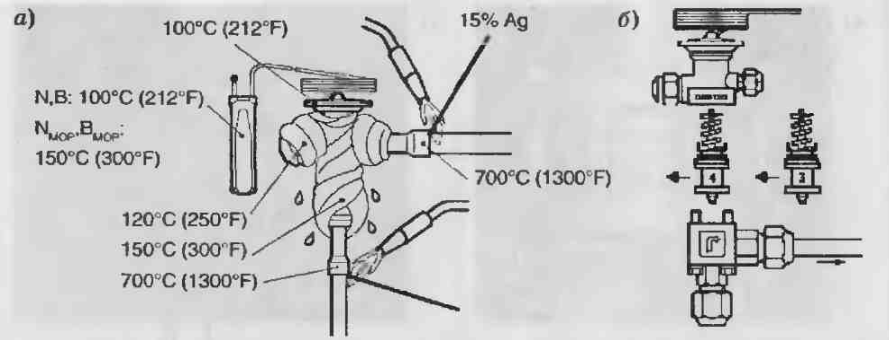


Рис. 2.81. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу ТРВ: *а* — пайка ТРВ; *б* — схема разборки; показана сменная дюза

щением на 1 ч диаметром $Д_у$ до 16 мм, со смещением на 2 ч — диаметром $Д_у$ до 22 мм и со смещением на 3 ч — диаметром $Д_у$ более 22 мм. На вертикальных участках трубопроводов термобаллон располагать запрещено (рис. 2.82 и 2.83).

ТРВ с внешним уравниванием имеют уравнительную линию, она представляет собой трубку диаметром $Д_у = 6$ мм, впаиваемую или вваривaемую во всасывающий трубопровод после испарителя (рис. 2.84). Уравнительную трубку присоединяют после термобаллона по ходу движения холодильного агента на расстоянии не менее 100 мм. Трубка для уравнительной линии в комплект поставки ТРВ не входит; к ТРВ ее присоединяют на накидной гайке: для фреоновых — под бортовку, для аммиачных — под сварку к стальному штуцеру. При впайке или вварке трубки в трубу следует вначале врезать короткий отрезок трубки большего диаметра ($Д_у = 8$ мм) или специальную бобышку и лишь в нее врезать уравнительную трубку, это обеспечит надежность соединения. Часто перед крупными ТРВ ставят фильтр, его устанавливают между телом вентиля и фланцем, при этом стягивают шпилькой с фланцем вентиля.

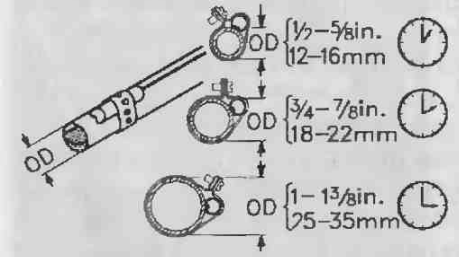


Рис. 2.82. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу ТРВ: пространственное положение термобаллона в зависимости от диаметра трубы

Электронные ТРВ монтируют аналогично, но вместо термобаллона и урав-

нительной трубки на выходе из испарителя в том же порядке закрепляют термодатчик и датчик давления от блока управления ТРВ. Выпускают электронные ТРВ под пайку и под сварку, фланцевые. Катушкой и моторным приводом вниз электронные расширительные вентили устанавливать запрещено, разрешается установка на вертикальных участках и под углом 90° к трубе. Устаревшие модели производились импульсными, типа AKVA, но они зарекомендовали себя недолговечными, от частых ударов седло разбивалось.

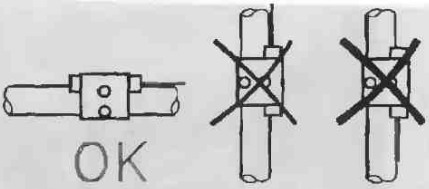


Рис. 2.83. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу ТРВ: крепление термобаллона

В настоящее время для крупных холодильных установок используют расширительные клапаны типа MEV, которые имеют моторный привод, ввинчиваемый и вывинчиваемый шток, что делает их гораздо более долговечными и надежными (рис. 2.85).

Для малых холодильных установок в составе систем автоматизированного управления продолжают использовать расширительные вентили типа AKVA. Следует учесть, что электронные расширительные вентили могут работать с ограниченным числом управляющих блоков и датчиков уров-

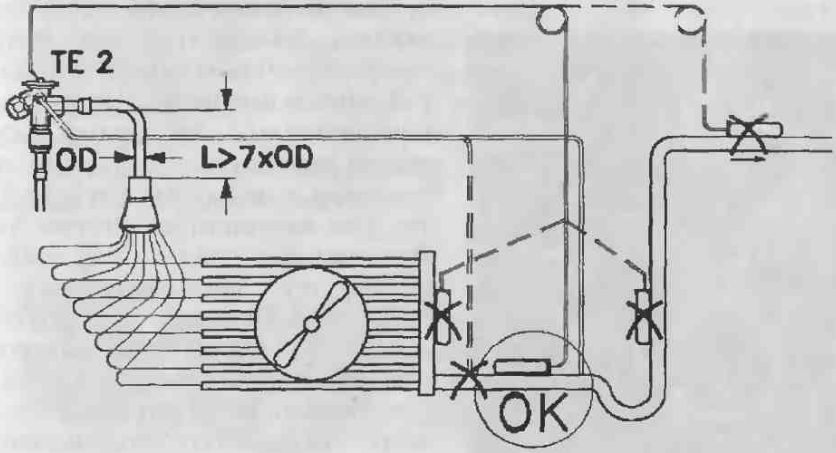


Рис. 2.84. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу ТРВ: расположение ТРВ и термобаллона в холодильной установке

Рис. 2.85. Электронный расширительный вентиль «Danfoss» типа MEV

ня, причем электронные ТРВ и блоки управления различных фирм-производителей, например «Danfoss» и «Alko», несовместимы.

Соленоидный вентиль состоит из тела и катушки (рис. 2.86). При пайке или сварке катушку снимают, вентиль устанавливают в соответствии с направлением, указанным на теле стрелкой; устанавливать катушкой вниз запрещено. Соленоидные вентили для фреоновых систем выполняют под пайку и бортовку с медными патрубками, для аммиачных систем на стальных фланцах — под сварку, больших производительностей — под сварку к корпусу вентиля. Присоединяемые на накидных гайках вентили предпочтительно не применять, вентили выполняют нормально закрытыми и нормально открытыми, т. е. нормально закрытый

Рис. 2.86. Соленоидный вентиль «Danfoss» типа EVR

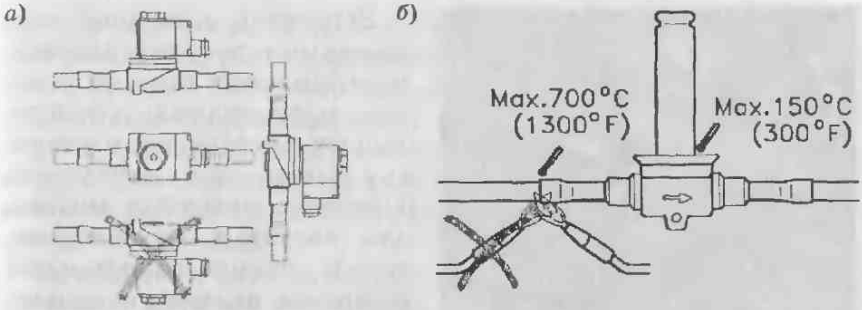


Рис. 2.87. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по монтажу соленоидного вентиля EVR: *а* — пространственные положения, допустимые при монтаже; *б* — режимы пайки

вентиль имеет опущенный шток при отсутствии напряжения на катушке. При пайке и сварке к телу вентиль оборачивают влажной тряпкой, при наличии фланцев их снимают, приваривают к ним трубопроводы, а затем монтируют вентиль к фланцам; при этом вентиль не подвергается нагреву и оборачивать его тряпкой нет необходимости (рис. 2.87). Внизу тела вентиля предусмотрены резьбовые отверстия для закрепления винтами.

Регуляторы температуры и давления с пилотными вентилями имеют фланцы, к которым приваривают (для аммиачных и фреоновых систем) стальные трубопроводы, и фланцы с латунными вставками, к которым припаивают медные трубопроводы (для фреоновых систем). Пилотные вентили ввинчивают в регулятор сверху или сбоку, часть пилотных вентилей имеет собственные фланцы (соответственно под пайку или сварку); их врезают в трубопровод трубкой диаметром $Д_у = 6 \div 12$ мм и присоединяют к регулятору накидной гайкой (рис. 2.88). При пайке и сварке вентиль отсоединяют от фланцев, приваривают фланцы к трубопроводам и монтируют вентиль.

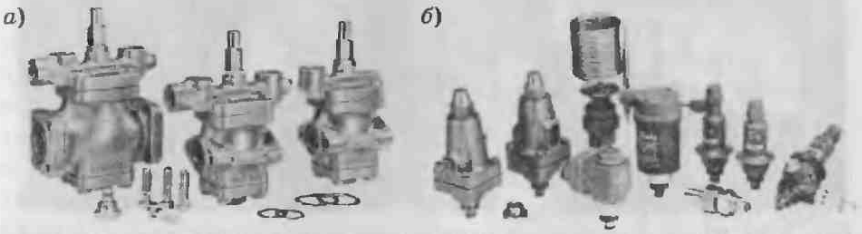


Рис. 2.88. Регуляторы давления и температуры «Danfoss»: *а* — основной вентиль (тело); *б* — пилотные вентили

Рис. 2.89. Регулятор давления конденсации марки KVR фирмы «Danfoss»

Регулятор давления конденсации и регулятор производительности обычно угловые, производятся для фреоновых систем; присоединение имеют под пайку или бортовку, патрубки медные или латунные соответственно. В схеме холодильной установки должны использоваться с обратным клапаном. На регуляторах выполнен клапан Шредера для присоединения шланга (рис. 2.89).

Приборы КИПиА типа реле давлений, мановакуумметры, запорные вентили к ним, соленоидные вентили байпасных линий рекомендуется закреплять на вертикально стоящем щите, на высоте удобной для обслуживания (рис. 2.90). Такой подход обеспечивает легкую читаемость показаний приборов, позволяет упростить монтаж и последующее обслуживание. Большая часть приборов КИПиА (в отличие от жестко разделяющейся на аммиачную и фреоновую запорной и регулирующей арматуры) выполнена из стали и может применяться как во фреоновых, так и в аммиачных системах, о чем указано на шильдах прибора и в инструк-

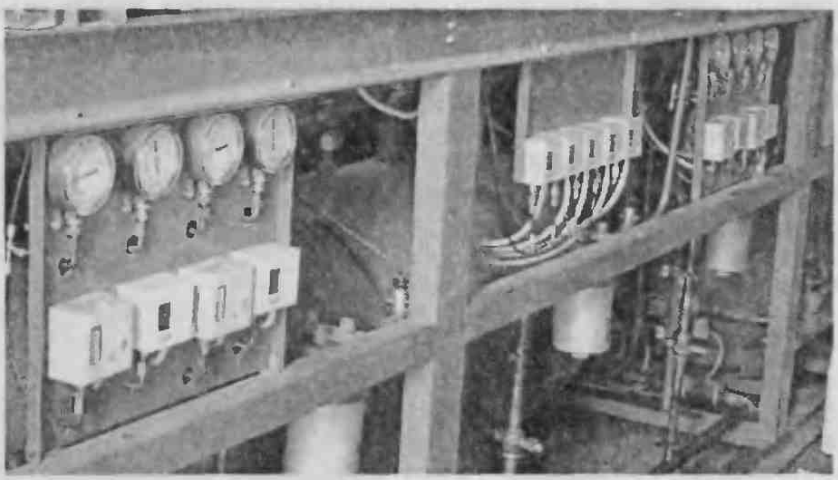


Рис. 2.90. Щиты с установленными на них манометрами, реле давления; на среднем щите показано временное присоединение реле давления на шлангах

ции по монтажу. При монтаже приборов, использующих импульсные трубки, необходимо предусмотреть такое крепление трубки, чтобы она не касалась металлических частей, так как при вибрациях трубка может перетереться, что приведет к аварии. Нередко манометры и реле давления стационарно присоединяют на шлангах, безусловно, такая установка не рекомендуется, шланги следует применять как временное соединение.

Приборы автоматизации имеют импульсные трубки (реле давления, дифференциальные реле разности давлений и т. п.). Корпус прибора необходимо закрепить к щиту или к любой ровной вертикальной поверхности, для чего в задней стенке прибора предусмотрены резьбовые отверстия, а в комплект входит универсальный уголок для крепления. Реле контроля смазки к большинству компрессоров закрепляют при помощи двух винтов и комплектной металлической пластины к крышке картера со стороны масляного насоса. К реле контроля смазки поставляют стальные трубки для подключения к месту отбора давления в специально предусмотренные штуцеры. Трубки имеют накидные гайки; к остальным приборам импульсные трубки обычно не поставляют. Реле производят как под пайку, так и под бортовку, аммиачные реле имеют гайку и стальной штуцер, к которому приваривают трубку. Для затяжки накидных гаек обязательно используют два рожковых ключа: одним удерживают шестигранник ниппеля, вторым затягивают гайку, что позволяет избежать повреждения соединения.

Обычно во фреоновых системах в целях экономии импульсные трубки от нескольких приборов подключают к единой трубке отбора давления. В таком соединении необходимо использовать тройник диаметром $Д_у = 6$ мм. Для неопытного монтажника впаять трубку с $Д_у = 6$ мм в трубку с $Д_у = 6$ мм сложно. Кроме того, существует опасность заполнить проход припоем, тогда соединение будет неряшливым на вид и малонадежным. Для присоединения нескольких приборов в общую трубу рекомендуется вварить или впаять трубку с $Д_у = 20$ мм и уже в нее врезать импульсные трубки от приборов. На импульсной трубке рекомендуется делать компенсационную петлю, которая предотвратит передачу вибраций от трубы или агрегата к прибору автоматики. На рис. 2.91 и 2.92 приведены различные реле давления.

Термостаты закрепляют на вертикальной поверхности при помощи винтов, в задней крышке предусмотрены резьбовые

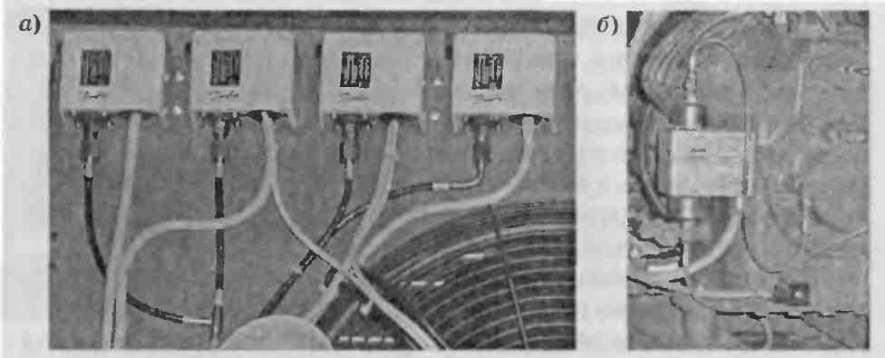


Рис. 2.91. Реле давления Danfoss: *а* — реле высокого и низкого давления типа KP; *б* — реле контроля смазки MP55, установленное на компрессоре

отверстия, в комплект входит крепежная рамка. Крепление термобаллона аналогично креплению термобаллона ТРВ.

Имеющие резьбовой хвостовик приборы, такие как датчики давления, температуры и емкостные датчики уровня, присоединяют к трубопроводу при помощи резьбовой бобышки (рис. 2.93). Бобышки с прибором, как правило, не поставляют, поэтому измерив длину и диаметр резьбы, определив ее тип и шаг, продумав, в каком месте и из какого материала будет производиться уплотнение, дают задание токарю.

Для впайки бобышки делают из латуни, для вварки — из стали той же марки, что и трубопровод, с уступом и резьбой, соответствующей резьбе хвостовика. При вварке следует следить, чтобы капли металла не попали на нитки резьбы, их очень тяжело удалить. Впоследствии при вкручивании прибора его резьба может быть повреждена. Уплотнительную прокладку лучше ставить таким образом, чтобы торец резьбового хвостовика прибора упирался в прокладку; прокладку лучше всего вырубить из паронита, фторопласт менее предпочтителен, но очень удобен. При вкручивании для дополнительной герметизации на резьбу следует намотать не-

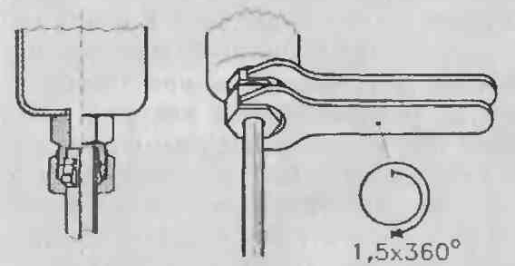


Рис. 2.92. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по затягиванию накидных гаек на приборах автоматизации

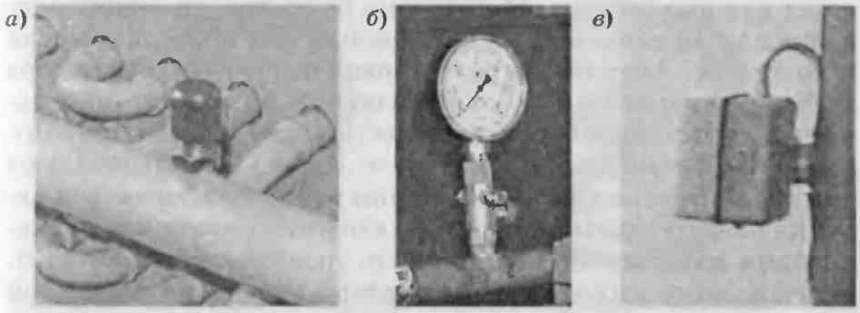


Рис. 2.93. Бобышки (адаптеры): *а* — клапан Шредера (под пайку); *б* — отборное устройство под манометр; *в* — для реле протока

сколько слоев ленты фум. Выпускают большое количество бобышек и переходников для фреоновых систем — их можно заказать по каталогам. Для аммиачных систем бобышки и переходки выпускает только фирма «Wika», однако ассортимент невелик, сроки поставки и стоимость большие. В приложениях нашей книги приведены чертежи наиболее распространенных бобышек для аммиачных холодильных систем.

Реле уровня присоединяют на приварных фланцах: как правило, ставят на колонки ресиверов (рис. 2.94). Колонки ресиверов стараются располагать таким образом, чтобы датчики можно было увидеть, не подходя к площадке ресиверов от основного прохода. Основной трудностью при использовании низкокачественных холодильных масел является загустение масла в колонках, поэтому снизу колонки подводят жидкий холодильный

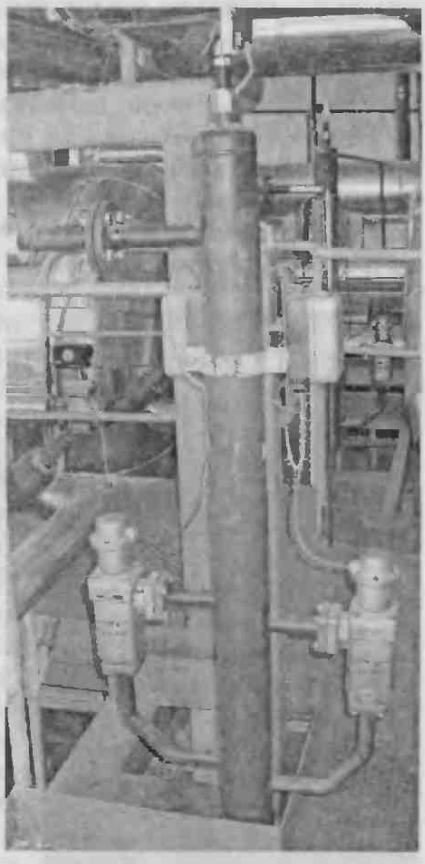


Рис. 2.94. Реле уровня 38E на колонке; сверху ввинчен регулятор уровня AKS

агент для периодической проверки реле, иногда сверху подводят пар, подаваемый на оттаивание, для подогрева масла в колонках. Аварийные реле уровня типа 38Е используют согласно правилам РФ, запрещающим использование одного и того же прибора для защиты и регулирования. Поэтому в современных схемах реле уровня 38Е используют как аварийные, а для поддержания рабочего уровня, управления электронными расширительными вентилями, сигнализации предаварийного и нижнего уровня используют AKS. Монтаж этого емкостного регулятора уровня несложен, он имеет резьбовую часть, которую необходимо ввинтить в резьбовую бобышку, вваренную в верхнюю часть колонки. Прокладку используют комплектную, металлическую, уплотнение выполняют по торцу, где выполнена бороздка.

Поплавковые регуляторы уровня выполняют стальными, патрубки присоединяют сваркой или пайкой, ниппели на корпусе регулятора имеют накидные гайки со штуцерами под сварку или бортовку. Крышку с ниппелями и поплавком снимают при необходимости, крепят винтами. В настоящее время крупные поплавковые регуляторы распространены мало, в основном используются в принудительных системах возврата масла для небольших фреоновых компрессоров (рис. 2.95).

Рис. 2.95. Поплавковый регулятор уровня

Манометры, мановакуумметры и вакуумметры имеют резьбовой хвостовик, направленный радиально вниз (рис. 2.96, *а*) или перпендикулярно к корпусу сзади (осевое подключение, рис. 2.96, *б*). На фреоновых манометрах распространена коническая резьба хвостовика, она не требует дополнительных уплотнителей, часть фреоновых манометров имеет хвостовики под бортовку. Запрещается использовать более одной уплотнительной прокладки. Манометры для аммиака выполнены из стали, поставляются с накидной гайкой и штуцером, к которому приваривают импульсную трубку. Для крепления манометров используют рамку, в которую вставляют ма-

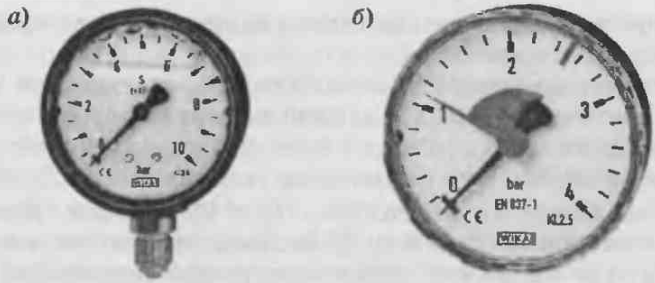


Рис. 2.96. Манометры «Wika»: *а* — маслозаполненный манометр с хвостовиком радиально вниз; *б* — манометр для воды и хладоносителей с осевым подсоединением

нометр, фиксируют в ней несколькими винтами и закрепляют на щите.

При использовании маслозаполненных или заполненных глицерином манометров необходимо проверить отсутствие утечек перед монтажом, так как при транспортировке зачастую стекло дает трещину. Манометры присоединяют к системе с запорными вентилями, для того чтобы при проверке или поломке прибора не останавливать всю установку.

Термометры и термодатчики присоединяют к трубе в гильзе (рис. 2.97). Гильзу ввинчивают в бобышку, вваренную в трубу; внутри гильзы нарезана резьба, соответствующая резьбе термометра или термодатчика. При вварке бобышки надо учесть, что длина гильзы может превышать диаметр трубы, поэтому ее необходимо вварить в отвод, что допускается при внутреннем диаметре гильзы $Д_у$ не более 25 мм и не более одной бобышки в один отвод; в сварной шов вварка запрещена. При вварке в отвод гильзу необходимо располагать горизонтально, для того чтобы поток всегда контактировал со стенками гильзы, так как на вертикальном участке поток может течь по стенкам, не касаясь гильзы, и показания термометра или термодатчика не будут соответствовать действительности. Распространены биметаллические термометры, которые имеют большой диаметр шкалы, что необходимо учитывать при выборе места вварки гильзы. После монтажа термометра его

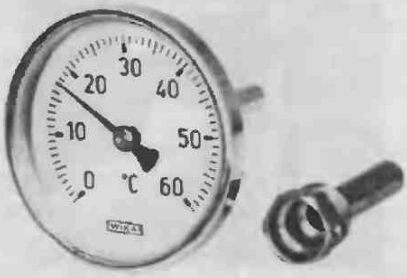


Рис. 2.97. Термометр биметаллический «Wika» с гильзой

фиксируют небольшим винтом в гильзе, предусмотренным в конструкции термометра.

Запорная арматура для воды и хладоносителей за редким исключением в холодильной технике состоит из дисковых затворов (рис. 2.98, *а*) и муфтовых шаровых вентилей (рис. 2.98, *б*). Затворы используют диаметром $Д_у > 50$ мм, муфтовые шаровые вентили — $Д_у = 15 \div 50$ мм. Дисковые затворы закрепляют между фланцами, уплотнительные прокладки не используют, на затворе предусмотрено резиновое уплотнительное кольцо. Диск затвора, корпус и прокладки выполняют из различных материалов — в зависимости от агрессивности протекающей среды. Для дискового затвора не имеет значения направление течения среды, поворотную рукоять следует устанавливать таким образом, чтобы в рабочем положении она не мешала проходу. Большая часть затворов имеет фиксаторы. Для того чтобы повернуть рукоять, надо надавить клавишу рукояти, в некоторых конструкциях предусмотрена предохранительная чека. У дисковых затворов существуют модификации, где для уменьшения усилий при закрытии диск закрывается при помощи червячной передачи, привод осуществляется вручную небольшим маховиком, применяется при больших диаметрах трубопроводов. Также дисковые затворы оснащают электроприводом, их монтаж и монтаж дисковых затворов с червячным приводом аналогичен монтажу затворов с рукоятями.

а)

б)

Рис. 2.98. Водозапорная арматура: *а* — дисковый поворотный затвор с рукоятью; *б* — муфтовый шаровый запорный вентиль

Муфтовые шаровые вентили различают газовые и для жидких сред (вода, хладоносители). Газовые вентили отличаются от водяных уплотняющими материалами и цветом маховика: газовые имеют желтый цвет, водяные — красный, корпус — латунный, часто хромированный, на корпусе выполнен шестигранник, за который газовым ключом вентиль навинчивают на трубу. Выпускают с длинными рукоятями и с так называемой «бабочкой», т. е. маховик имеет форму бабочки. Желательно применять вентили с длинной рукоятью, вентили открываются туго, рукоять позволяет не прикладывать излишних усилий. Сальником вниз не располагают, для того чтобы смонтировать вентиль на трубу, необходимо предварительно на отрезке трубы того же диаметра нарезать резьбу, соответствующую резьбе вентиля, обычно трубную, затем ввернуть отрезки в вентиль, уплотнив фум лентой и приварить к трубам. Шаровые запорные вентили не следует применять в качестве отсекающих для манометров, хотя резьбы вентиля и хвостовика манометра совпадают, так как, если ввернуть до упора хвостовик, при закрытии вентиля шар острым краем повредит резьбовую часть манометра и выступ на торце, после чего манометр перестает выполнять свои функции. Шаровый вентиль нельзя использовать в качестве регулирующего.

Фильтры для хладоносителей и воды выпускают фланцевыми и муфтовыми, муфтовые производятся диаметром $Д_у$ 50 мм. Во всех фильтрах предусмотрены сетчатые стаканы с ячейками различных размеров. В корпусе фильтра стакан закрыт крышкой: на малых фильтрах крышка имеет резьбу и ввинчивается в корпус, на больших — крепится винтами. В крышках больших фильтров предусмотрены резьбовые отверстия, в которые ввинчена заглушка. Ее демонтируют и в отверстие ввинчивают резьбовой переход, к которому присоединяют вентиль диаметром сечения $Д_у$ не менее 15 мм для слива грязи. Прокладки во фланцевых конструкциях обычно паронитовые, поэтому необходимо затягивать болты методом крестообразного обхода, муфтовые — уплотняются по резьбе фум лентой.

Для фильтра имеет значение направление потока среды, на корпусе стрелкой указано направление потока. Фильтры большого диаметра имеют проушины для возможности транспортировки краном. Часто отсекающие задвижки закрепляют непосредственно к фланцам вентиля, что не рекомендуется делать, так как при повреждении фильтра (что, правда, маловероятно) весь хладоноситель или воду придется

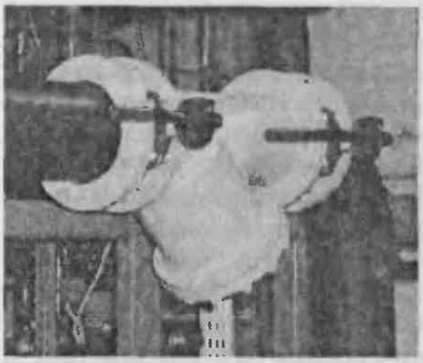


Рис. 2.99. Фланцевый фильтр для хладоносителя

слить (рис. 2.99). Однако диск затвора может быть поврежден при таком креплении, так как его края могут касаться внутренних поверхностей фильтра или грязевых отложений в нем.

Обратные клапаны для хладоносителей и воды бывают фланцевыми (рис. 2.100) и муфтовыми; муфтовые выпускают диаметром $Д_у$ до 50 мм. Различают конструкции пружинные и дисковые; пружинные предпочтительнее, так как гораздо более надежно перекрывают поток. Пружинные обратные клапаны бывают и фланцевыми и муфтовыми, дисковые — фланцевыми. Пружинные обратные клапаны допускается устанавливать в любых пространственных положениях, дисковые устанавливают только в горизонтальном положении, в противном случае не выполняют свою функцию. Дополнительных прокладок не требуют, в конструкции предусмотрен выступ из резины.

Рис. 2.100. Фланцевый обратный клапан для хладоносителя и воды

Соленоидные вентили для воды и хладоносителей выпускают обычно муфтовыми. Запрещается установка соленоидных вентилей для холодильных агентов на линии воды и хладоносителя, так как проходное сечение такого вентиля будет вскоре забито. Катушку соленоидного вентиля необходимо предохранить от брызг и капель влаги и не устанавливать вентиль катушкой вниз.

Водорегулирующие вентили устанавливают на трубопроводы подачи воды в кожухотрубные теплообменные аппараты (рис. 2.101). Выполняют муфтовыми и фланцевыми. Баллон закрепляют на выходящей из

аппарата трубе поставляемыми в комплекте хомутами, трубку термобаллона следует закреплять так, чтобы она не имела контакта с металлическими поверхностями, подкладывая мягкие вставки, закреплять лучше всего пластиковыми стяжными хомутами.

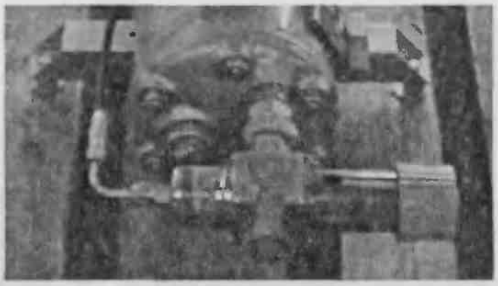


Рис. 2.101. Водорегулирующий вентиль на кожухотрубном конденсаторе

Реле давления, дифференциальные реле разности давления для воды и хладоносителей закрепляют на вертикальной ровной поверхности вблизи агрегата или аппарата, для крепления на задней стенке предусмотрены резьбовые отверстия. Отбор давления осуществляется импульсными трубками. К прибору и резьбовой бобышке, вваренной в трубу, трубку присоединяют на накидных гайках. Желательно предусмотреть вентили, позволяющие отсекать реле от системы для его замены. Импульсные трубки нежелательно вваривать в трубу по тем же соображениям. Следует обратить внимание на то, что приборы находятся вблизи аппаратов, где образуется обильный конденсат. Приборы имеют класс электрической защиты IP 44, и конденсат, стекающий с аппарата, обязательно замкнет цепи прибора, поэтому прибор необходимо располагать в месте, где на него не будет попадать конденсат.

Датчики давления, реле протока, автоматические воздухоотводчики для воды и хладоносителей ввинчивают в резьбовую бобышку, вваренную в трубу, уплотняют по резьбе лентой фум. При изготовлении бобышки для реле протока необходимо учесть, что шток чувствительного элемента прибора должен иметь свободный ход и не упираться в стенки бобышки. Кроме того, длина штока должна соответствовать диаметру трубопровода, в который устанавливают реле протока, и на прибор не должен попадать конденсат с аппаратов и трубопроводов.

Манометры для воды и хладоносителей имеют радиальное и осевое подключение, большинство комплектуются ниппелем, открывающимся при ввинчивании манометра в ниппель и закрывающимся при удалении манометра, поэтому при наличии такого ниппеля отсекающий вентиль излишен; ниппель ввинчивают в резьбовую бобышку, вваренную в трубу.

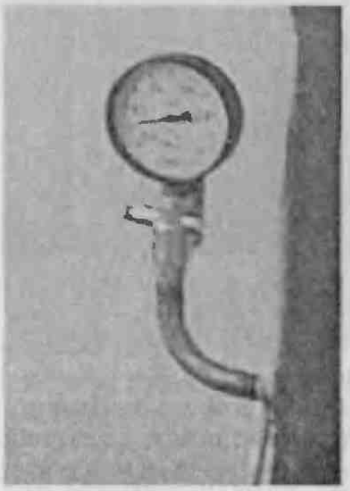


Рис. 2.102. Манометр для хладоносителя

При отсутствии ниппеля манометр ввинчивают в специальный манометрический вентиль, через который можно также выпускать воздух. Вентиль приваривают или ввинчивают в трубку, вваренную в трубу (рис. 2.102). Уплотнение производят по резьбе лентой фум.

Термодатчики, термометры, датчики концентрации, емкостные датчики уровня для воды и хладоносителей ввинчивают в резьбовые бобышки, вваренные в трубу или стенку бака. Уплотнение производят по резьбе лентой фум. Датчики уровня, выполненные в виде гребенки, монтируют на край бака при помощи винтов. Баки обычно закрывают съемными крышками от попадания в них посторонних предметов, поэтому надо предусмотреть, чтобы крышка и датчик не мешали друг другу. Емкостной регулятор уровня AKS в основном устанавливают на аммиачных и фреоновых системах, реже — на линиях хладоносителя или воды (рис. 2.103, *а*). Его ввинчивают в вваренную сверху колонки или бака бобышку, он визуально отображает уровень при помощи вспомогательного блока.

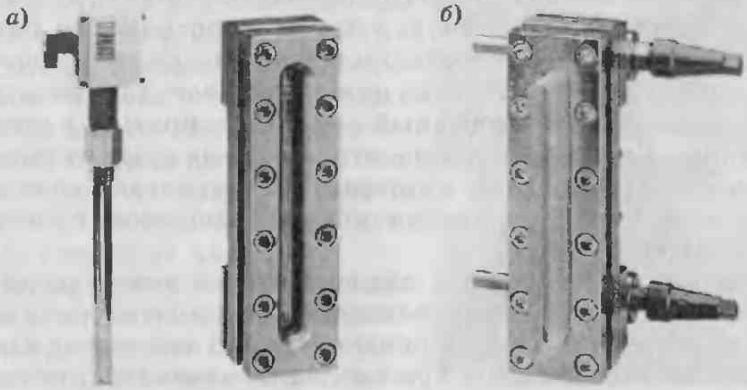


Рис. 2.103. Указатели уровня «Danfoss»: *а* — емкостной указатель и регулятор уровня AKS; *б* — указательное стекло (стекло Клингера)

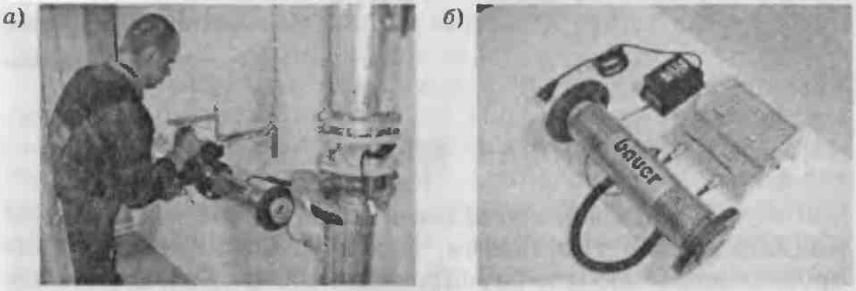


Рис. 2.104. Система электромагнитной обработки воды «Bauer»: *а* — монтаж; *б* — внешний вид прибора

Указатели уровня, устанавливаемые на водяных баках, баках хладоносителя и ресиверах, поставляют с вентилями, их достаточно вварить отборными трубками в стенку бака или ресивера на соответствующем уровне и доступном для обслуживания месте (рис. 2.103, *б*). На небольших емкостях типа расширительных бачков делают упрощенный указатель уровня. Для этого вваривают или впаивают две трубки, на них надевают прозрачный шланг, по которому можно определить уровень жидкости.

Большое значение, особенно в районах Азии, следует уделять вопросам водоподготовки. Химическая водоподготовка требует сложного и дорогого оборудования и соответственно постоянного и дорогого обслуживания. Поэтому для водоподготовки рекомендуется применять системы электромагнитной водоподготовки. На рис. 2.104 показан прибор электромагнитной обработки, имеющий очень небольшое потребление электроэнергии, простой монтаж между двух фланцев. По результатам анализа воды, представленным Заказчиком, на заводе прибор будет настроен. Подобные приборы имеют большое число положительных отзывов при использовании на самых различных объектах и зарекомендовали себя как надежное и недорогое оборудование по водоподготовке в отличие от систем химической водоподготовки и систем обратного осмоса.

2.4. ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

К тепловой изоляции в холодильной технике применяют особые требования, как к коэффициенту теплопроводности, так и к паропроницаемости. Кроме этих параметров, применение тепловой изоляции для аммиачных холодильных установок ограничено требованиями к классу пожарной опасности. Стеновые сэндвич-панели и изоляция холодильных камер должны отвечать требованиям по огнестойкости.

2.4.1. ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ И СОСУДОВ

Тепловую изоляцию накладывают после испытаний трубопроводов, сосудов и аппаратов на прочность и плотность. Выполнять изоляционные работы необходимо с особой тщательностью, так как плохо подогнанные стыки, разрывы изоляции, ее внешние повреждения не только ведут к излишним потерям холода, образованию конденсата, но и создают негативное впечатление об установке в целом. К современным изоляционным материалам заводы-изготовители как отечественные, так и зарубежные выпускают подробные инструкции по укладке, перечень рекомендованных грунтовок, красок для труб и изоляции. Трубопровод перед укладкой тепловой изоляции необходимо окрасить краской или грунтовкой в несколько слоев, применение битумного лака не допускается. Запрещен монтаж изоляции на трубопроводы заполненные рабочим веществом, так как даже сушка и нагрев трубопровода техническим феном не позволяют клею надежно закрепить изоляцию к трубопроводу. Особые требования к клею: запрещается хранить и перевозить клей при температурах ниже 10 °С, иначе он теряет свои свойства, перевозка на дальние расстояния в холодное время года должна осуществляться только в кабине водителя.

К современным изоляционным материалам, рекомендованным для холодильной техники, относятся материалы на основе вспененного каучука, вспененного полиэтилена,

минеральной ваты, редко используют скорлупы из пенополиуретана и пенополистирола.

Минеральная вата относится к негорючим материалам (группа горючести НГ, рис. 2.105), может применяться для изоляции любых холодильных установок. Имеет самый широкий температурный диапазон применения (от минус 180 до плюс 500 °С), долговечна, но неудобна при монтаже и требует дополнительного пароизоляционного слоя. Большим недостатком минеральной ваты является то, что при попадании влаги в разрыв пароизоляционного слоя появляется промерзание изоляции, которое постепенно распространяется. Таким образом, разрыв в одном месте приводит к промерзанию всей тепловой изоляции, изоляция теряет эффективность и требует замены. Минеральной ватой очень сложно производить тепловую изоляцию фасонных частей и арматуры, герметизация многочисленных швов практически не осуществима. Кроме того, работа с минеральной ватой вредна для здоровья из-за наличия волокон и пыли, теплоизоляционные работы необходимо производить в респираторе. Поэтому теплоизоляционные работы с минеральной ватой производят высококвалифицированные бригады рабочих. Стоимость минеральной ваты и работ высока, поэтому при всех достоинствах минеральной ваты ее применение в холодильной технике необходимо экономически или нормативно обосновать. Современная минеральная вата каширована (усилена) алюминиевой фольгой, отражающей тепловое излучение и являющейся дополнительным слоем пароизоляции и механической защиты. В маты укладывают металлическую или полимерную сетку, облегчающую монтаж. Однако, невзирая на все усовершенствования, минеральная вата остается для холодильной техники нежелательной тепловой изоляцией, с успехом применяемой лишь для изоляции крупных сосудов, ресиверов и баков.

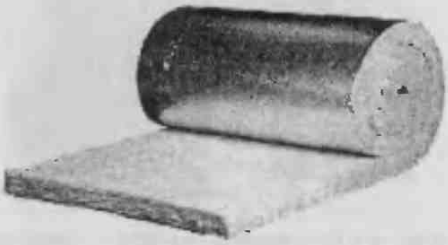


Рис. 2.105. Минеральная вата в рулонах, кашированная алюминием

Вспененный полиэтилен не может быть применен для тепловой изоляции аммиачных холодильных установок, так как имеет группу горючести Г2 (умеренно горючий), но подходит для фреоновых

холодильных установок, изоляции трубопроводов, баков хладоносителя и воды (рис. 2.106). Вспененный полиэтилен имеет полностью закрытую пору, т. е. повреждение в одном месте не приведет к проникновению влаги в изоляцию. Серьезным недостатком вспененного полиэтилена является его температурная деформация, т. е. разрушение при температурах свыше 90 °С. При укладке вспененный полиэтилен приходится накладывать сжатым в продольном направлении до появления складок, иначе при температурных деформациях трубопроводов в местах стыков полиэтилен порвется. Большим достоинством является низкая стоимость тепловой изоляции из вспененного полиэтилена отечественного производства. Для изоляции крупных сосудов и аппаратов в помещениях категории Д, трубопроводов хладоносителя и воды вспененный полиэтилен следует применять, так как это снизит затраты на тепловую изоляцию. Для средне- и низкотемпературных фреоновых холодильных установок вспененный полиэтилен применять не рекомендуется, так как невзирая на толщину до 50 мм вспененный полиэтилен плохо защищает от образования конденсата, охрупчивается при низких температурах. В попытках улучшить свойства вспененного полиэтилена к нему добавляют вспененный каучук, но подобные материалы практически полностью имеют недостатки вспененного полиэтилена и приближаются по стоимости к вспененному каучуку.

Вспененный каучук применим для тепловой изоляции любых холодильных установок, имеет класс пожарной опасности Г1 (слабогорючий, рис. 2.107). Теплоизоляция из вспененных материалов имеет прекрасные показатели по теплопроводности ($\lambda = 0{,}032$ Вт/м · К) и сопротивлению паропроницанию ($\mu = 3000 \div 7000$), широкий диапазон температурного применения (от −180 до +200 °С), легко накладывается, может длительно эксплуатироваться в условиях высокой влажности и резких перепадов температур, характерных для пищевых производств. Имеет полностью закры-

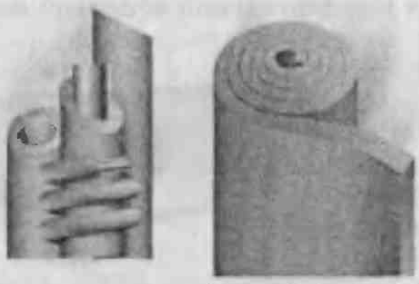


Рис. 2.106. Вспененный полиэтилен «Энергофлекс» отечественного производства

Рис. 2.107. Холодильная установка, изолированная материалами из вспененного каучука

тую пору. Недостатком является лишь постепенное разрушение от прямых солнечных лучей.

Трубопроводы диаметром $Д_у$ до 100 мм целесообразно изолировать трубчатой изоляцией. Вспененные материалы выпускают в трубках, разрезных и неразрезных; в холодильной технике обычно используют разрезные (рис. 2.108).

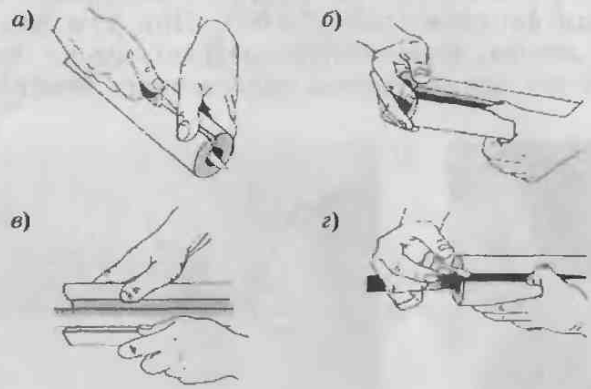


Рис. 2.108. Последовательность монтажа трубчатой изоляции: *а* — разрезание трубки; *б* — раскрытие шва; *в* — накладывание на трубу; *г* — проклейка швов

На каждый диаметр трубопровода выпускают соответствующий диаметр трубчатой изоляции, причем в изоляции предусмотрен небольшой (1–2 мм) запас, так как изоляция не должна иметь натяжения, это ухудшает ее долговечность и теплоизоляционные свойства. На участок трубы наносят клей. На 3–4 $м^2$ пластины и 4–5 м трубки требуется 1 л клея, он должен некоторое время (5 мин) подсохнуть, затем накладывают изоляцию. Основное внимание нужно обратить на герметичность стыка: не должно быть разрывов, изоляция в трубке не должна провисать, образовывать «карманов», где возможно скопление конденсата.

Все стыки независимо от качества склейки необходимо проклеивать скотчем, что дополнительно усилит клеевое соединение и позволит дополнительно герметизировать шов. Рекомендуется накладывать кольцо скотча не только в местах стыков, обычно имеющих длину 2 м трубок, но и посередине, т. е. на каждые 2 м трубчатой изоляции нужно наложить три стяжных кольца. Стяжное кольцо должно представлять собой не менее полутора оборотов трубы, на скотче ненужно экономить. Продольный шов на изоляции проклеивают скотчем, причем вначале проклеивают продольный шов, затем накладывают стяжные кольца. На вспененном полиэтилене можно встретить пластиковый герметизирующий замок, на вспененном каучуке — самоклеющийся шов, в этих случаях продольный шов проклеивать скотчем ненужно. Пластиковые замки на холодильных трубопроводах не рекомендуются, так как их герметичность весьма условна и требуется дополнительная пароизоляция скотчем (рис. 2.109). При том что трубки с замком дороги, дополнительные расходы на скотч сводят на нет все преимущества облегченного монтажа. Про-

а)

б)

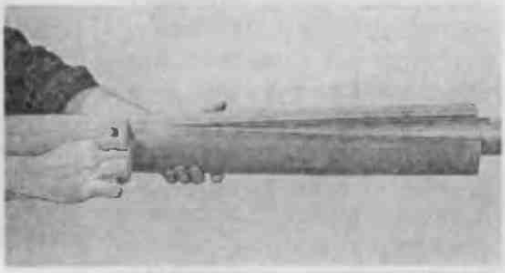


Рис. 2.109. Тепловая изоляция с пластиковым замком: *а* — вскрытие замка; *б* — укладка на трубу и закрытие замка

дольный шов следует располагать сверху, не прятать снизу или поворачивать к стене, это позволит проконтролировать качество наложения тепловой изоляции. Трубка изоляции не должна иметь перекручивания, она должна лежать ровно. Следует учесть, что скотч нужно уложить с первого раза, иначе при отрывании он разорвет теплоизоляцию, так как клеевая основа очень липкая. Скотч армирован полимерным волокном и рвется только в поперечном направлении, можно его разрывать пальцами, но лучше всегда иметь при себе острый нож, желательно типа канцелярского. Лезвия в канцелярском либо в поставляемом с изоляцией специальном ноже сменные, они быстро затупляются, необходимо иметь сменный набор лезвий. Скотч бывает с алюминиевым покрытием, поливинилхлоридным и теплоизолирующим (3 мм толщиной), в холодильной технике используют поливинилхлоридный. Теплоизолирующую ленту используют лишь для изоляции поверхностей сложной конфигурации, основное ее назначение — дополнительное уплотнение.

Трубка легко укладывается на поворот трубы, на малом радиусе образуются морщины, но их размер незначителен. Убрать даже столь малые морщины можно, проделав в трубке клиновидные вырезы, которые компенсируют деформацию, но это довольно трудоемко и требует дополнительно-

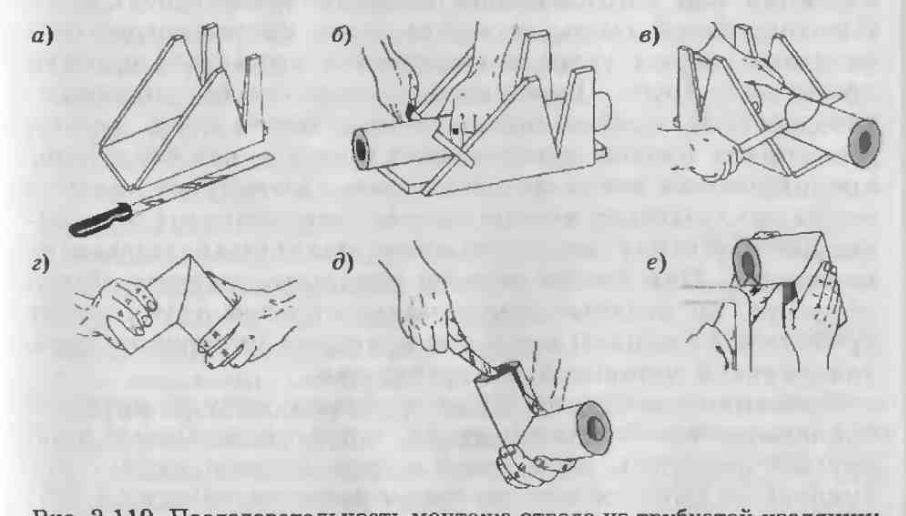


Рис. 2.110. Последовательность монтажа отвода из трубчатой изоляции: *а* — стусло и нож; *б* и *в* — клиновой вырез; *г* — склеивание отвода; *д* — разрезание отвода; *е* — укладка на трубу

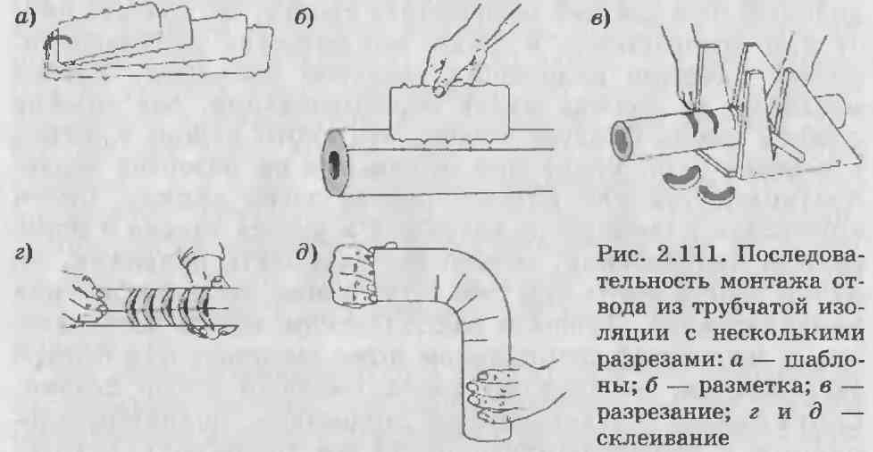


Рис. 2.111. Последовательность монтажа отвода из трубчатой изоляции с несколькими разрезами: *а* — шаблоны; *б* — разметка; *в* — разрезание; *г* и *д* — склеивание

го количества клеевых стыков, мест возможной конденсации. Существует несколько способов изготовления тепловой изоляции для отводов из трубчатой изоляции. Самый простой способ — сделать клиновой вырез в трубке под углом 90° (рис. 2.110). Согнув трубку и склеив вырез, получают острый поворот трубы, которым можно покрыть отвод. Более трудоемкий способ — проделать несколько вырезов, предварительно разметив трубку по шаблону либо на специальном стусле, приобретенном у поставщика тепловой изоляции или изготовленном самостоятельно (рис. 2.111). Изготовленный таким способом отвод из теплоизоляции не имеет острых углов и внутренних карманов, плотнее прилегает к трубе. Изоляция по такому способу низкопроизводительна, требует большого количества клея, велика вероятность плохой герметизации стыка и, как следствие, проникновения влаги под изоляцию. Поэтому на каждый вырез накладывают кольцо скотча, что приводит к повышенному расходу дорогостоящего поливинилхлоридного материала. При таком способе изоляции остается много обрезков, но изолированная таким образом труба имеет прекрасный внешний вид и для придания эстетичного вида холодильной установке рекомендуется.

Тройники изолируют двумя трубками, одну из которых накладывают на основную трубу, в ней проделывают либо круглое отверстие, либо косой вырез. Вторую трубу с полукруглым вырезом или клиновым вырезом стыкуют с ней. Недостатками следует так же считать трудоемкость, большое число швов, большой расход клея и скотча (рис. 2.112).

Рис. 2.112. Последовательность монтажа тройника из трубчатой изоляции несколькими способами: *а* — пробивание отверстия набором пробойников; *б* — укладка на трубу; *в*, *г* и *д* — формирование тройника; *е* — разрезание тройника; *ж* — укладка на трубу

Недостатком трубчатой изоляции является то, что для изоляции арматуры и заглушек необходимы дополнительные трубки большего диаметра, листовой материал и теплоизоляционная лента. В простейшем случае с двух сторон к арматуре, например к запорному вентилю, подходит трубчатая тепловая изоляция. Арматуру обматывают теплоизоляционной лентой и затем покрывают теплоизоляционным саркофагом с вырезом под шток (рис. 2.113). Расход скотча на таких элементах очень велик, следует это учитывать. Для изоляции перехода на трубке с двух сторон делают продольный клиновой вырез так, чтобы образовавшееся сужение соответствовало по диаметру меньшему диаметру перехода.

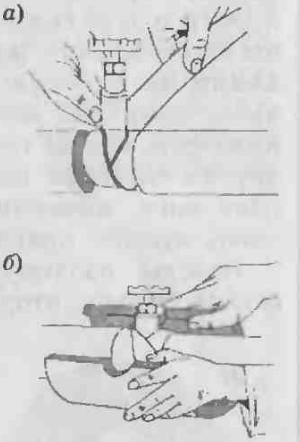


Рис. 2.113. Последовательность монтажа тепловой изоляции запорной арматуры: *а* — обматывание теплоизоляционной лентой; *б* — закрытие саркофагом

Трубопроводы диаметром $Д_у$ свыше 100 мм, теплообменные и емкост-

Рис. 2.214. Укладка листового материала на трубу

ные аппараты, баки изолируют листовым изоляционным материалом (рис. 2.114). Его также необходимо накладывать на окрашенную, сухую поверхность, причем и на поверхность, и на материал необходимо наносить клей. Еще большее внимание при наложении листовой теплоизоляции необходимо уделить проклейке стыков изоляции, отсутствию повреждений наружного покрова и дополнительному проклеиванию стыков скотчем.

При изоляции листовым материалом прямолинейных участков трубопроводов необходимо уделить внимание особенностям наложения нескольких слоев. Первый слой приклеивают к трубе, стыки проклеивают, следующий слой наносят таким образом, чтобы продольный стык располагался с противоположной стороны от продольного стыка нижнего слоя. Торцевые стыки должны располагаться в шахматном порядке, они не должны находиться там же, где и торцевые стыки нижнего слоя (рис. 2.115). Стыки самого верхнего слоя должны быть дополнительно проклеены и зафиксированы скотчем. Все слои изоляции должны быть склеены между собой. При наложении листов изоляции на плоскую поверхность необходимо накладывать лист, приклеив его сверху, затем, натянув за низ, ровно наложить его на плоскость. Складки, образовавшиеся при других способах наложения, не удаляются; повторно оторвав лист, изоляцию наложить не удастся, клей держит очень крепко практически сразу.

Отводы изолируют двумя листами, вырезанными по форме отвода, второй лист вырезают по первому, как по

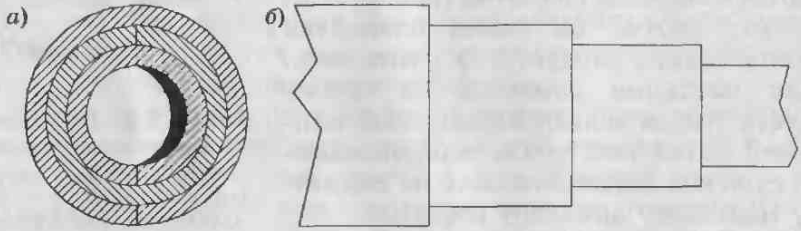


Рис. 2.115. Расположение стыков тепловой изоляции: *а* — в поперечном направлении; *б* — в продольном направлении

шаблону, зеркально. Измерение длины наружного диаметра *П* трубы следует производить полоской теплоизоляции соответствующей толщины. В противном случае, заготовка окажется короче, чем необходимо, и ее придется натягивать, что ухудшит теплоизоляционные свойства, создаст трудности при монтаже, и такой стык впоследствии разойдется. Вначале склеивают больший шов, затем при наложении на отвод заготовку приклеивают к отводу, и последним склеивают меньший шов. Стыки могут быть немного неровными, этого не следует пугаться — вспененный каучук очень пластичен, его можно приминать, подрезать, и формировать какой угодно шов. Так как поверхности в основном криволинейны, то ряд производителей рекомендуют оставлять припуск 10–15 мм на заготовках, с тем чтобы подрезать заготовки по месту (рис. 2.116).

Тройники изолируют одним листом изоляции с вырезом соответствующего диаметра. Так же необходимо полоской изоляции измерить наружный диаметр трубопровода, вырезать заготовку из пластины и уложить на тройник.

Переходы изолируют листами по следующей схеме. Измеряют больший наружный диаметр перехода D, меньший d, длину большей окружности *П*, длину перехода h. На листе чертят трапецию с основанием $D + d$ и $2d$ высотой h. Продолжая линии бедер трапеции до пересечения, находят точку *О*, из которой строят дугу длиной *П*, проходящую через концы нижнего основания трапеции. Соединяют концы дуги с точкой *О*, затем из точки *О* проводят дугу, проходящую через концы верхнего основания трапеции (рис. 2.117).

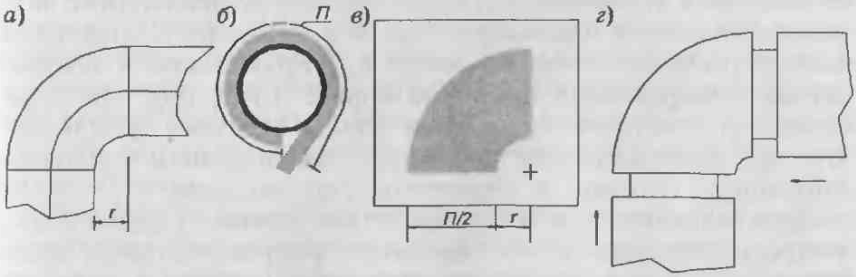


Рис. 2.116. Изготовление заготовки для тепловой изоляции отвода: *а* — измерение радиуса *r* отвода; *б* — измерение длины наружного диаметра *П* трубы полоской теплоизоляции; *в* — разметка на пластине; *г* — формирование теплоизоляции отвода

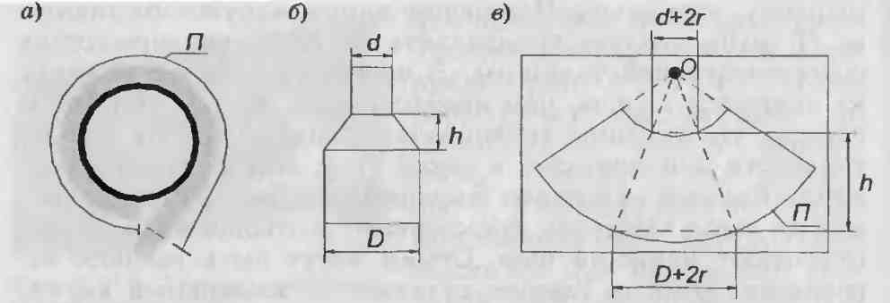


Рис. 2.117. Изготовление заготовки для тепловой изоляции перехода: *а* — измерение наружных диаметров перехода; *б* — измерение диаметров перехода; *в* — разметка на пластине

Наибольшие трудности для тепловой изоляции представляет трубопроводная арматура. Так как применяют самую разнообразную арматуру, то можно дать лишь общие рекомендации по наложению изоляции. Арматуру с фланцами изолируют листовым материалом, используя обрезки для экономии. Вначале полосками изоляции наращивают изоляцию трубы до диаметра фланца, затем заполняют пространство между шпильками или болтами обрезками и оборачивают листом с отверстием под шток вентиля. Вместо полосок в инструкциях рекомендуется применять кольца, но автор считает это излишней тратой материала, так как узких полосок в обрезках всегда с избытком. Приварную и припаиваемую арматуру изолируют листовым материалом. Изоляция трубопровода доходит до тела вентиля или фильтра, затем вырезают из листа пластину и накладывают на тело вентиля. Затем вырезают пластину, закрывающую крышку вентиля или фильтра, для вентиля необходимо вырезать отверстие под шток. Арматуру необходимо закрывать тепловой изоляцией, так как надежность арматуры высока и она не требует ревизии при правильном использовании; обмерзающая арматура корродирует, под ней образуются постоянные лужи. Все стыки надежно проклеивают, при необходимости усиливают специальным теплоизолирующим скотчем и герметизируют скотчем.

При воздействии неблагоприятных условий (капли воды, выбросы пара, прямые солнечные лучи) необходимо окрашивать тепловую изоляцию на основе каучука и полиэтилена финишными красками. Расход краски при покраске двойным слоем — 1 л на 4 м^2. Следует учитывать, что краска не может предохранить изоляционный материал

от воздействия погоды на открытом воздухе, не является защитой от механических повреждений, поэтому на улице такие материалы в обязательном порядке необходимо дополнительно защищать металлическими или полимерными кожухами.

В ряде случаев используют скорлупы из вспененного пенополиуретана или пенополистирола, особенно это распространено среди европейских и региональных российских монтажников. Большими преимуществами их являются широкий температурный диапазон применения, прочность, надежность и долговечность, неудобство заключается в сложности изоляции фасонных деталей — на каждый диаметр отвода или вентиль нужно иметь свою заготовку. Применять скорлупы целесообразно на трассах большой протяженности, там полностью проявляются их долговечность и погодоустойчивость.

Распространены переносные экструдеры, позволяющие наносить пенополиуретановую изоляцию непосредственно на смонтированный трубопровод. Для этого трубу заключают в форму. В нее впрыскивают полиуретан, который, застывая, образует скорлупу, после чего форму снимают, переносят на следующий участок и продолжают изоляцию трубопровода. Такой способ изоляции требует надежного оборудования, жесткого соблюдения технологического режима и высокой квалификации персонала. Не следует применять напыльную пенополиуретановую изоляцию для баков и трубопроводов, так как при всех достоинствах пенополиуретана напылить равномерный слой необходимой толщины на плоскую поверхность или на трубу практически не удается. Саркофаги, распространенные при таком способе изоляции (когда трубопроводы с различными температурами, зачастую трубы горячего пара и холодильного агента, заливают в один блок), низкоэффективны, а порой лишь ухудшают ситуацию. Настоятельно не рекомендуется применять рипор, для холодильных установок данная тепловая изоляция зарекомендовала себя не лучшим образом.

Плитами из пенополиуретана или пенополистирола также изолируют различные баки и плоские поверхности в холодильных камерах. Большими недостатками этой тепловой изоляции являются необходимость накладывать дополнительный слой пароизоляции, а также невозможность из-за пожароопасности применять на аммиачных холодильных

установках. Однако нет ничего лучше, чем плиты из пенополиуретана или пенополистирола, когда необходимо изолировать огромные бродильные танки (диаметром 6 м и высотой 20 м) или холодильные камеры в уже существующих помещениях.

Для изоляции холодильных камер вначале накладывают пароизоляцию, затем делают обрешетку с таким расчетом, чтобы к деревянным брусам крепить листы алюминия, оцинкованной стали или пластика. Шаг бруса должен быть равен или немного меньше ширины листа. Между брусом вставляют плиты тепловой изоляции, швы при этом необходимо заполнить монтажной пеной. Затем камеру обшивают листами, защищающими изоляцию от повреждений во время погрузо-разгрузочных работ, материал обшивки должен иметь разрешение на применение в пищевой промышленности, если это холодильная камера — для продуктов питания.

Алюминиевую обшивку следует предпочитать обшивке оцинкованными листами (рис. 2.118). Алюминиевую обшивку не имеет смысла делать в камерах, где хранятся рыба, шоколад и любые соленые продукты, так как алюминий быстро корродирует при контакте с такими продуктами. В такого рода холодильных камерах применяют обшивку из листов коррозионно-стойкой стали. Не следует накладывать второй пароизоляционный слой с другой стороны, это не только не приведет к уменьшению влаги в изоляции, но и позволит воде накапливаться между слоями пароизоляции. Прежде чем накладывать изоляцию в холодильной камере, надо предусмотреть места закрепления воздухоохладителей и другого оборудования, трубопроводов и кабелей, чтобы не пришлось вскрывать уло-

а)

б)

Рис. 2.118. Внешний вид холодильной камеры: *а* — обшитой оцинкованным железом; *б* — обшитой алюминиевыми листами

женную теплоизоляцию для поиска закладных частей и закрепления лотков.

При изоляции баков плиты приклеивают к поверхности, причем поверхность надо обезжирить, в баке не должно быть рабочей среды. Недопустимо накладывать тепловую изоляцию на поверхность работающего оборудования, имеющего отрицательные температуры. Обогрев работающего оборудования факельной горелкой или техническим феном не может подготовить поверхность к оклеиванию, и тепловая изоляция тогда ляжет некачественно. Надо учесть, что не каждый клей пригоден для работы с ПСБС или пенополиуретаном, вовсе следует исключить как нетехнологичную и травмоопасную накладку плит при помощи горячего битума.

2.4.2. ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЯМИ

В холодильной технике из сэндвич-панелей принято строить не только холодильные камеры, но и технологические корпуса, машинные отделения. Строительная организация изготавливает металлический каркас, на который закрепляют впоследствии панели и оборудование (рис. 2.119).

Сэндвич-панели, применяемые в холодильной технике разнообразны по покрытиям и теплоизоляции. Стальные

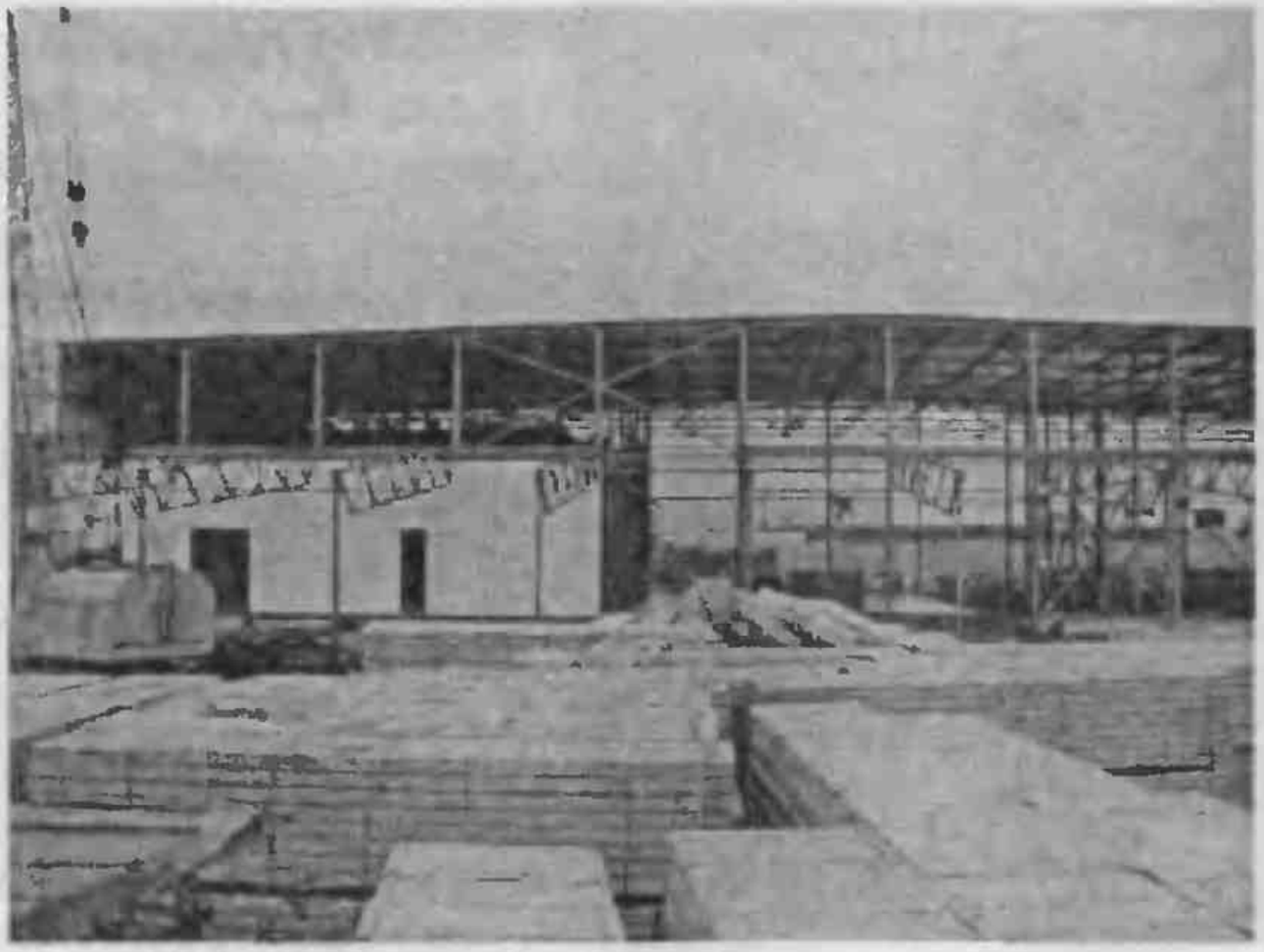


Рис. 2.119. Строительство холодильной камеры из сэндвич-панелей

листы, находящиеся с внутренней и внешней стороны панели, покрывают эмалью, полимерными материалами, оцинковывают, причем с внешней стороны может использоваться эмаль, а с внутренней — например, полимеры (рис. 2.120). Цвет панелей обычно по выбору Заказчика, например, очень распространены панели цветов компании-Заказчика, так как холодильная часть зачастую должна по цветовой гамме органично вписываться в комплекс зданий Заказчика.

Изготавливают панели с листами из коррозионно-стойкой стали (для агрессивных продуктов и сложных метеоусловий) и алюминия. Теплоизоляция, применяемая в панелях, весьма разнообразна — в зависимости от предпочтений производителя. Наиболее распространены сэндвич-панели из минеральной ваты, так как она негорючая; стоимость таких панелей ниже, чем полиуретановых. Такие панели не рекомендуются для низкотемпературных камер. Наиболее предпочтительными следует считать пенополиуретановые сэндвич-панели. Технология их изготовления и применения отработана, такие панели пригодны даже для камер с температурами до минус 70 °С. Однако часто встречаются панели с тепловой изоляцией из пенополистирола, в них листы к изоляции приклеивают. Хотя производители пенополистирольных сэндвич-панелей и утверждают, что они не хуже полиуретановых, но на срезах такие панели имеют отслоение листов от изоляции, плохую стыковку листов между собой, где возможны промерзания изоляции.

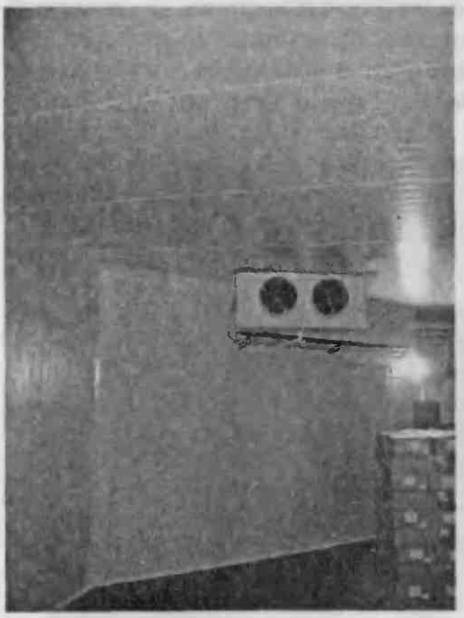


Рис. 2.120. Холодильная камера из сэндвич-панелей

Между собой панели крепят при помощи пазов и замков (рис. 2.121). Пазы имеют различную конфигурацию, но принцип одинаков для всех: выступ одной из панелей вставляют в паз другой и

Рис. 2.121. Сэндвич-панели: различные конструкции пазов

скрепляют замком, имеющим так же разнообразные конструкции. В случае больших конструкций каждую панель или группу собранных панелей при помощи специальных фиксаторов прикрепляют к несущим металлоконструкциям каркаса. В стыках имеются герметизирующие прокладки, не позволяющие влаге проникать внутрь помещений. Кроме герметизирующих прокладок используют силиконовые герметики, что особенно важно для камер газации бананов. Если в обычных холодильных камерах слои герметизации стыков выполняют функцию препятствия проникновению влаги в холодильную изоляцию, то в камерах газации для уменьшения утечек азота (газирующего вещества) холодильная камера должна быть герметична. Кроме того, стыки панелей закрывают нащельниками, нащельники также принято герметизировать силиконом.

Крышу выполняют из специальных крышных сэндвич-панелей; фирмы-производители изготавливают специаль-

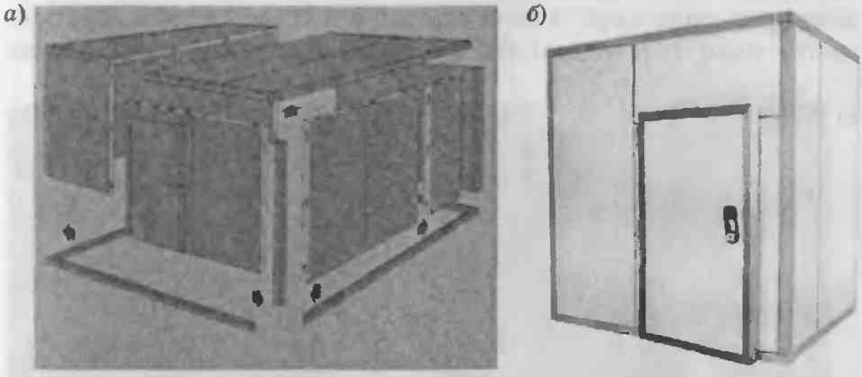


Рис. 2.122. Сборная холодильная камера: *а* — схема сборки; *б* — холодильная камера в собранном виде; видны нащельники и теплоизолированная дверь

ные нащельники, позволяющие закрыть все стыки, швы и не позволить дождю или снегу скапливаться. Сборные холодильные камеры из сэндвич-панелей имеют подробные инструкции по сборке, легко собираются и, что немаловажно для временных холодильников, разбираются и собираются вновь (рис. 2.122). Отдельно или в составе сборной камеры поставляют изолированные двери. Это целый агрегат, оборудованный в зависимости от конструкции: дверной коробкой, замком, роликами, электроприводом, обогревом контура, чтобы дверь не примерзла, сигнализацией «человек в камере», пластиковой или воздушной завесой (рис. 2.123, *а*). Для защиты сэндвич-панелей от погрузчиков применяют колесоотбойники (рис. 2.123, *б*), металлические ограждения, не позволяющие грузам и технике соприкасаться с панелями.

Оборудование в имеющих внутренний каркас сэндвич-панельных холодильных камерах закрепляют к металлоконструкциям. Там, где каркас внешний, необходимо заранее предусмотреть места для закрепления оборудования, трубопроводов и кабелей. Стальные трубы или медные трубы большого диаметра, оборудование непосредственно к сэндвич-панелям закреплять нельзя, нельзя при закреплении легких трубопроводов и кабелей использовать длинные саморезы, повреждающие целостность изоляции. В таком случае следует через панель от внешних металлоконструкций выпустить крепления (с обязательной герметизацией места прохода сквозь панель герметиком) либо ставить стойки внутри камеры и закреплять оборудование, трубы и кабели к ним. Немаловажным является и место прохода труб и кабелей внутрь камеры, так как это место надо тщательно герметизировать, срез металла за-

а)

б)

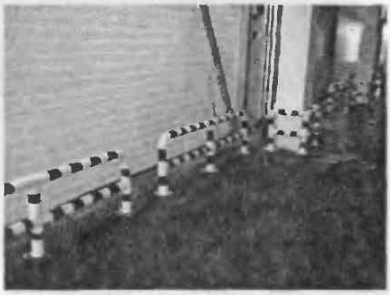


Рис. 2.123. Дополнительное оборудование к сборной холодильной камере: *а* — пластиковая завеса; *б* — колесоотбойники

грунтовать и окрасить. Все вырезы в сэндвич-панелях делают как можно более аккуратно, любые царапины следует окрасить, так как коррозия мгновенно распространяется на срезах, ее подтеки портят внешний вид обычно белого сооружения.

2.4.3. ПОКРОВНЫЕ СЛОИ

На пищевых предприятиях изолированные трубопроводы принято покрывать защитными кожухами для того, чтобы обслуживающий персонал или техника, часто контактирующие с трубопроводами, не повредили изоляцию. Покровные слои бывают разнообразными: полимерными, стальными, алюминиевыми; в холодильной технике для трубопроводов используют алюминиевые, толщиной 0,6–0,8 мм, рекомендуется использовать 0,6 мм. Лист алюминия такой толщины имеет необходимую прочность и легко гнется, листы толщиной 0,8 мм прочнее, но гнутся с трудом, имеют заломы на сгибе. Покровные слои (рис. 2.124) изготавливают на месте или используют готовые, типоразмер готовых кожухов ограничен, и их цена высока. Длина таких кожухов обычно 1–2 м, их транспортировка затруднительна из-за большого объема, занимаемого кожухами. Для кожухов выпускают отводы, а также кожухи для некоторых видов арматуры. Обычно при помощи вальцов по месту жестянщики изготавливают кожухи нужных диаметров, скрепляют шов саморезами или заклепками, вырезают ножницами по металлу заготовки отводов и покрывают углы. Таким же образом изготавливают тройники, заглушки.

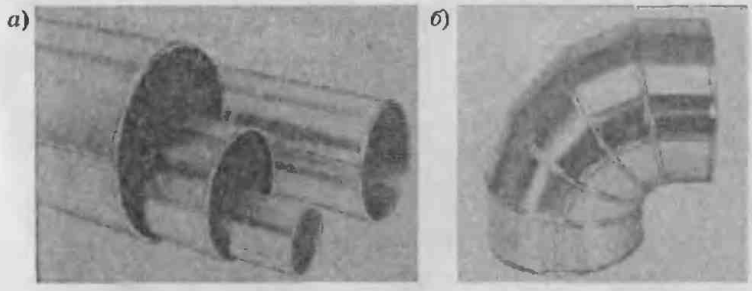


Рис. 2.124. Стандартные покровные слои: *а* — трубчатые кожухи; *б* — отвод

Наибольшую проблему представляет собой покрытие арматуры, ее обычно либо оставляют незащищенной, либо изготавливают цилиндрический кожух (рис. 2.125). При хорошей квалификации жестянщиков покровные слои для арматуры не представляют особой сложности. Баки и сосуды покрывают листами алюминия или оцинкованной стали (рис. 2.126).

Наибольшую трудность при больших диаметрах сосудов представляют собой днища. Их изготовляют из лепестков металла, закрепляя между собой саморезами или заклепками. Саморезы и заклепки следует подбирать таким образом, чтобы они не пробивали тепловую изоляцию под покровным кожухом. В противном случае, тепловая изоляция во многих местах будет повреждена и влага, попав внутрь саркофага, начнет замерзать. При использовании тепловой изоляции с закрытой порой эта проблема не так ощутима, при использовании минеральной ваты тепловую изоляцию необходимо будет укладывать заново. Трассы трубопроводов, идущие в производственном корпусе или по улице, иногда заключают в общий саркофаг, закрывающий все трубопроводы. При эксплуатации и монтаже по покровным слоям трубопроводов зачастую ходят рабочие, что за-

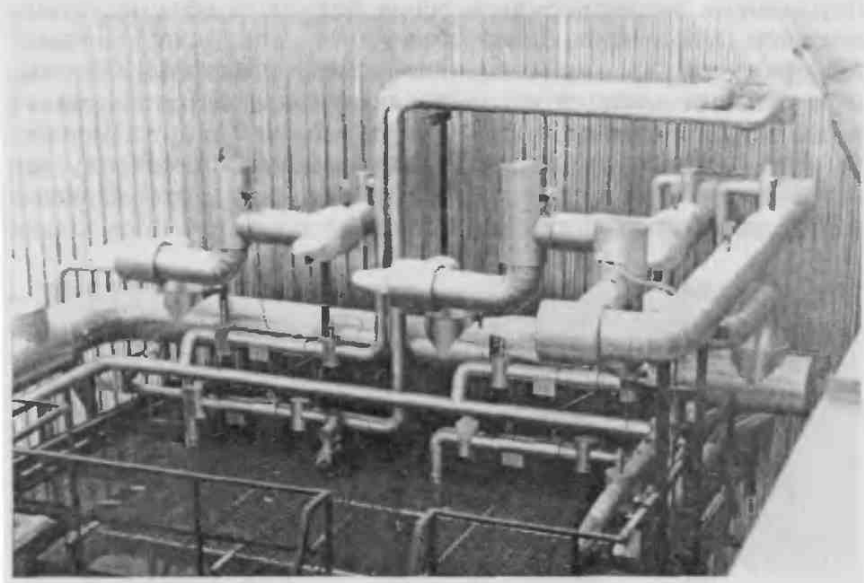


Рис. 2.125. Применение покровных слоев для защиты тепловой изоляции от атмосферных воздействий

Рис. 2.126. Применение покровных слоев для защиты тепловой изоляции ресиверов в машинном отделении

Рис. 2.127. Покровные слои на трассе трубопроводов

прещено, но практикуется. В случае, если по изолированному вспененным каучуком или минеральной ватой трубопроводу пройдет в обуви человек средней массы тела, тепловую изоляцию придется менять. Покровные слои не только защищают изоляцию от механических повреждений, прямых солнечных лучей и грызунов, но и являются дополнительным декоративным покрытием, придающим холодильной установке законченность и эстетичность (рис. 2.127).

Двигатель закрутится не в том направлении.

Система обеспечения надежности выведет из строя другие системы.

Законы Клипштейна

2.5. СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Силовые кабели, подводящие электропитание к силовым щитам прокладывают специализированные организации. Прокладка силовых и сигнальных кабелей от щитов к оборудованию и приборам КИПиА обычно включена в перечень работ организации, имеющей лицензию на монтаж холодильного оборудования. В работах по электроподключению оборудования и приборов КИПиА есть ряд общих положений и ряд тонкостей, осветить которые должен этот параграф.

2.5.1. СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Компрессоры и герметичные, и полугерметичные имеют встроенные электродвигатели как трехфазные 230 В Δ/400 В Y/3/50 Гц ± 10 % (рис. 2.128, *а*), так и однофазные 230 В Δ/1/50 Гц ± 10 % (рис. 2.128, *б*). Частота сети 50 Гц, однако по запросу может быть 60 Гц. По запросу поставляют электродвигатели под любые сети, в случае, если агрегат будет установлен в стране со специфическими параметрами сети. Ряд герметичных компрессоров транспортного исполнения производят с электродвигателями постоянного тока на 12 и 24 В.

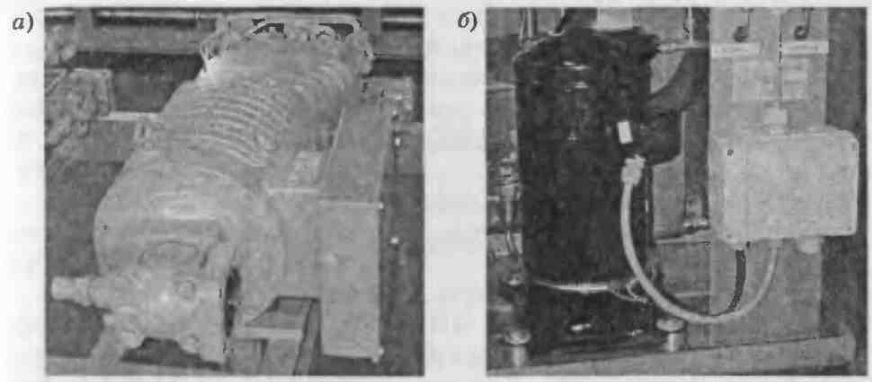


Рис. 2.128. Электродвигатели: *а* — винтового полугерметичного компрессора; *б* — спирального компрессора

Электродвигатели полугерметичных и герметичных компрессоров имеют степень защиты IP 54. Охлаждение электродвигателя происходит за счет паров всасываемого холодильного агента. У электродвигателей новых агрегатов и агрегатов, уже бывших в эксплуатации, перед электроподключением следует измерить сопротивление обмоток. Производят это мультиметром, у трехфазных электродвигателей сумма сопротивлений Ω_3 между фазами равна, у однофазных электродвигателей наименьшее сопротивление имеет рабочая обмотка Ω_2, больше рабочей имеет сопротивление пусковая обмотка Ω_1, сопротивление между ними равно сумме пусковой и рабочей (рис. 2.129). В случае значительного различия в сопротивлениях двигатель не пригоден к эксплуатации. Если сопротивление равно нулю, имеется короткое замыкание, сопротивление равно

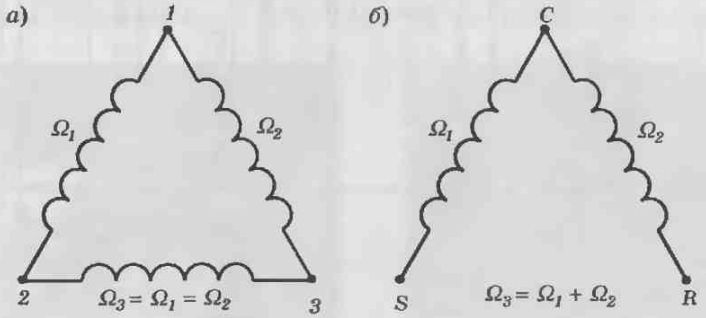


Рис. 2.129. Обмотки электродвигателя: *а* — трехфазного: *б* — однофазного (*R* — рабочая обмотка; *S* — пусковая обмотка; *1, 2, 3* — клеммы; *C* — общая клемма)

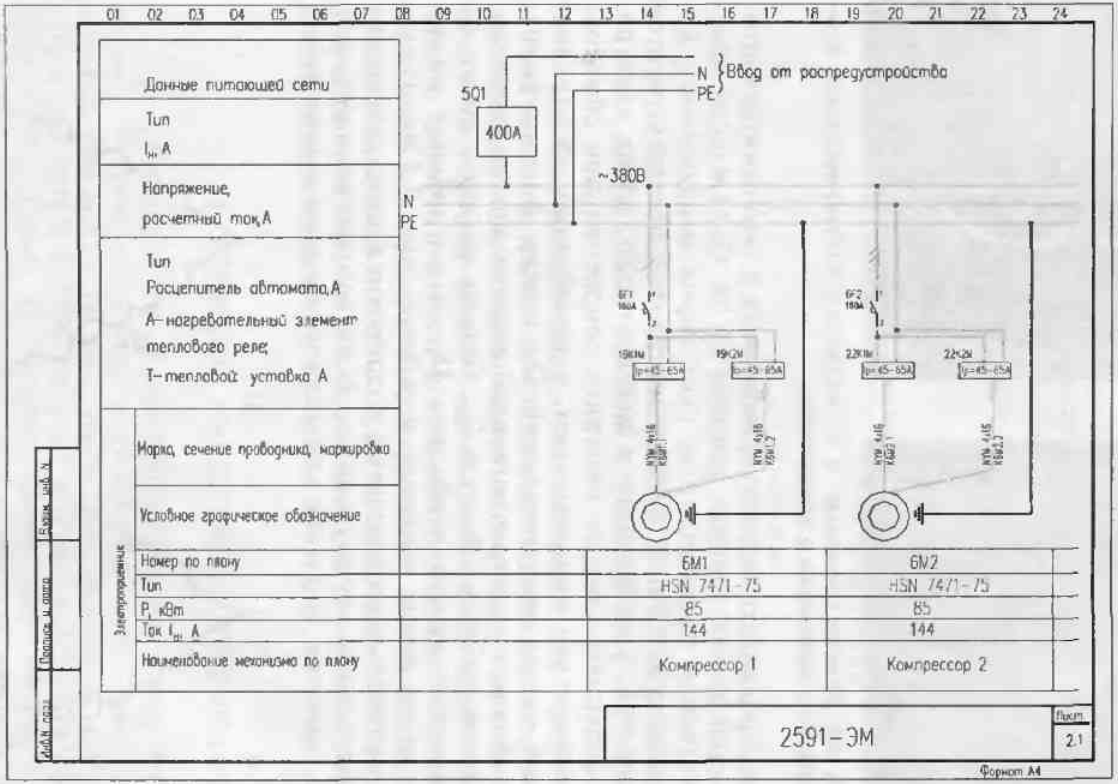


Рис. 2.130. Пример принципиальной однолинейной схемы электроподключения трехфазного двигателя полугерметичного винтового компрессора

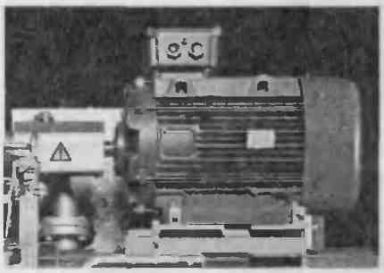
единице — обрыв; клеммы необходимо проверить на замыкание с корпусом, при наличии пробоя двигатель также непригоден. Измерения повторяют несколько раз. Для проверки замыкания на корпус необходимо выбрать часть корпуса, не защищенную краской или неэлектропроводным материалом.

Подключение электродвигателей производят по планам силовых сетей и принципиальным однолинейным схемам (рис. 2.130).

Крупные компрессорные агрегаты комплектуют трехфазным электродвигателем 400 В Y/3/50 Гц ± 10 %, закрепленным на раме (рис. 2.131). Для крупных компрессорных агрегатов могут поставляться электродвигатели на 6000 и 10 000 В, а также постоянного тока. Двигатели на 6000 В и более применяют тогда, когда Заказчик не имеет трансформаторной подстанции, но необходимо поставить крупные компрессорные агрегаты. Некоторое увеличение стоимости электродвигателя ничтожно по сравнению со стоимостью строительства трансформаторной подстанции. Такая ситуация характерна для горно-обогатительных комбинатов, металлургических заводов и других предприятий, расположенных в труднодоступных районах Урала, Сибири и Азии. При работе с техникой производства Японии или в исполнении для Японии можно встретиться с дизельным приводом компрессорного агрегата. Электроэнергия в этой стране дорогая, поэтому при относительной дешевизне дизельного топлива применяют дизельные двигатели.

Охлаждение электродвигателей, расположенных отдельно от компрессора, происходит за счет развитой оребрением поверхности корпуса и вентилятора, расположенного на валу. Крыльчатка вентилятора располагается сзади и

а)



б)

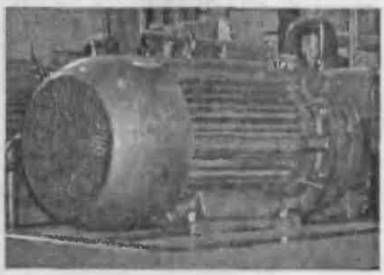


Рис. 2.131. Электродвигатели: *а* — винтового компрессорного агрегата; *б* — винтового компрессора

прикрыта защитной сеткой, предохраняющей персонал от травм. В стандартной комплектации степень защиты поставляемого электродвигателя компрессорного агрегата IP 23, для аммиачных холодильных установок степень защиты электродвигателя должна быть не ниже IP 55. При заказе электродвигателя это необходимо отметить отдельно, при монтаже степень защиты следует проверить, так как при сдаче объекта комиссии электродвигатель с низ-

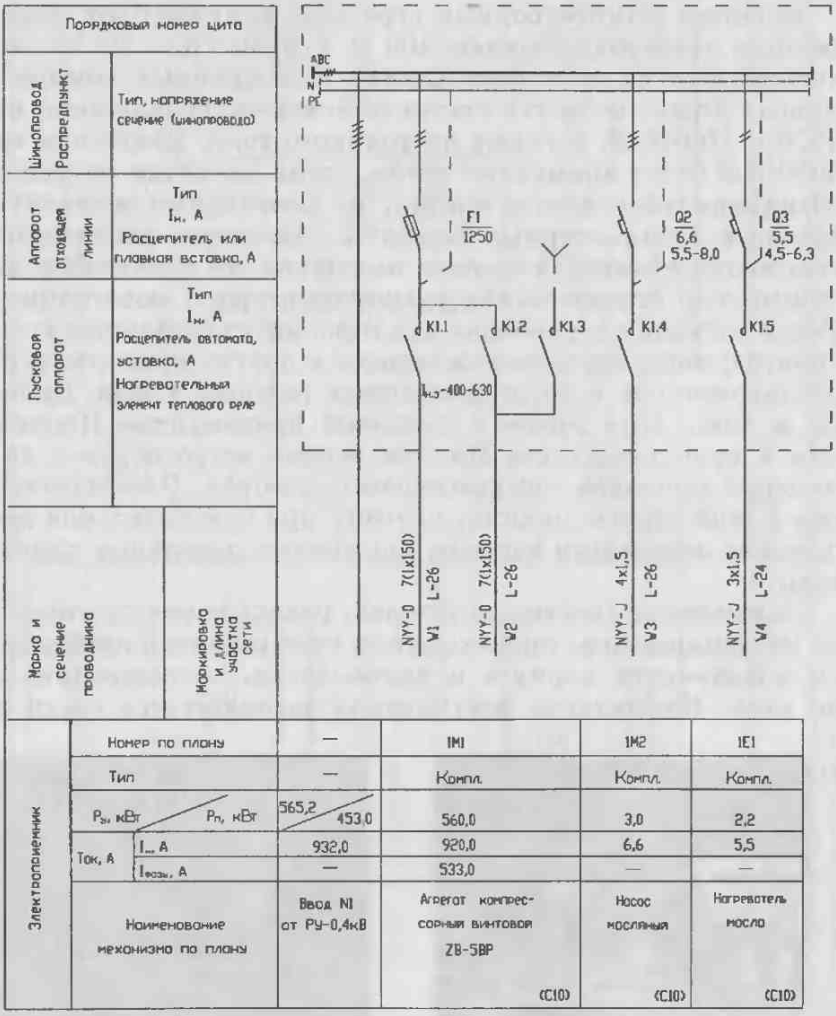


Рис. 2.132. Пример принципиальной однолинейной схемы электроподключения трехфазного двигателя винтового компрессорного агрегата

кой степенью защиты придется заменить. Пример однолинейной схемы подключения электродвигателя компрессорного агрегата представлен на рис. 2.132.

Кабели наибольшего сечения подводят к электродвигателям компрессоров и насосов. Для того чтобы прокладывать кабели, необходимо по чертежам прокладки кабелей наметить путь трассы, места закрепления лотков или кабеля, учитывая при этом, что желательно для экономии места раскладывать кабели ярусами, друг над другом. Большое количество кабелей раскладывают на лотках, в коробах, один-два кабеля закрепляют к стене при помощи специальных пластиковых клипс или металлических полос. Для силовых кабелей выбирают самые мощные лотки, так как масса кабелей, питающих крупные компрессоры велика, лотки закрепляют к стенам и потолку на стойках анкерными болтами или приваривают (рис. 2.133).

Кабели с площадью сечения 120–180 мм^2 практически не гнутся, поэтому следует учитывать, что радиус поворота такого кабеля велик и при прокладке кабеля должно

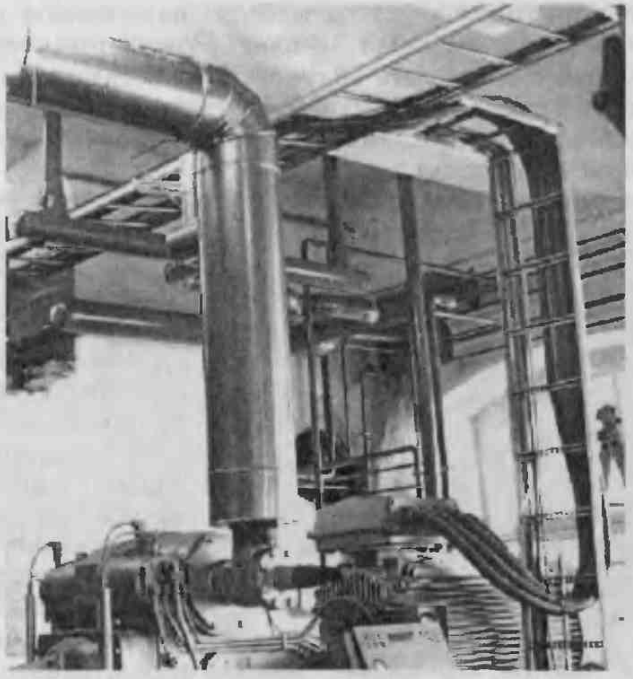


Рис. 2.133. Силовые кабели с площадью сечения 120 мм^2, подведенные к электродвигателю

быть максимум один-два поворота. Кабели крупного сечения поставляют на катушках, их масса велика, и, для того чтобы разматывать кабель, нужно иметь размоточное устройство или сварить его на месте самостоятельно; в крайнем случае кабель можно разматывать, катая катушку по полу (рис. 2.134).

Для питания агрегатов и приборов холодильной техники следует использовать только медные кабели; также об этом необходимо предупредить организацию, подводящую кабели к силовым щитам, так как алюминиевые и медные кабели несовместимы, требуются переходники, что затрудняет монтаж и ведет к проблемам в эксплуатации. Раскладку кабеля рекомендуется начинать от щита к агрегатам.

Кабель обязательно маркируют, гнездо в колодке также должно быть замаркировано. Кабель маркируют металлической или пластиковой биркой, закрепляемой на кабеле пластиковым стяжным хомутом. На бирке набором цифровых кернов или маркером наносят номер кабеля в соответствии с кабельным журналом. Удобно использовать цветную изоленту, которой обматывают место стыковки наконечника и жилы кабеля, называемое «перчаткой», например: красный — электродвигатели, синий — соленоидные и моторные вентили и т. д. В колодку жилы необходимо вставлять всегда в определенном цветовом порядке, например: синий, коричневый, черный, земля (желто-зеленый в полоску).

Кабель раскладывают на лотках и закрепляют к поперечинам пластиковыми хомутами, при этом желательно укладывать кабели так, чтобы они не пересекались друг с другом, не образовывали беспорядочных пучков; в идеале путь каждого кабеля должен просматриваться без труда. На клипсах или полосах кабель закрепляют без повреждения изоляции, без провисаний и натягов, короба обычно пристреливают к стенам

Рис. 2.134. Разматывание кабеля с барабана; видны гильзы

строительным пистолетом, внутри кабели не закрепляют. Прокладку кабелей, лотков и коробов выполняют под прямым углом, без отклонений от вертикали или горизонтали, что не обязательно, но желательно. При прохождении кабелей сквозь стены необходимо предусмотреть защитные гильзы (отрезок трубы). В проектах новых холодильных установок строители предусматривают специальные проемы для прохода кабелей.

Кабели наиболее часто раскладывают наверху, так они не мешают проходу. Их необходимо защитить от механических повреждений и грязи. К клеммным коробкам электродвигателей агрегатов кабель спускают на вертикальных лотках, в коробе или, если кабелей немного, в металлическом или пластиковом рукаве. Для защиты от механических повреждений ниже 1,8 м от уровня пола кабель должен быть в рукаве. Рукав закрепляют к стене клипсами или полосами, к металлоконструкциям или рамам агрегатов — пластиковыми хомутами. Кабель подводят к клеммной коробке электродвигателя, она располагается вверху, сбоку или позади электродвигателя (рис. 2.135).

Ввод кабеля в клеммную коробку производится через сальники, расположенные сбоку клеммной коробки (рис. 2.136). Часто сальники с небольшими компрессорами не поставляют, со всех четырех сторон коробки выполнены заглушки разных диаметров, их необходимо высвер-

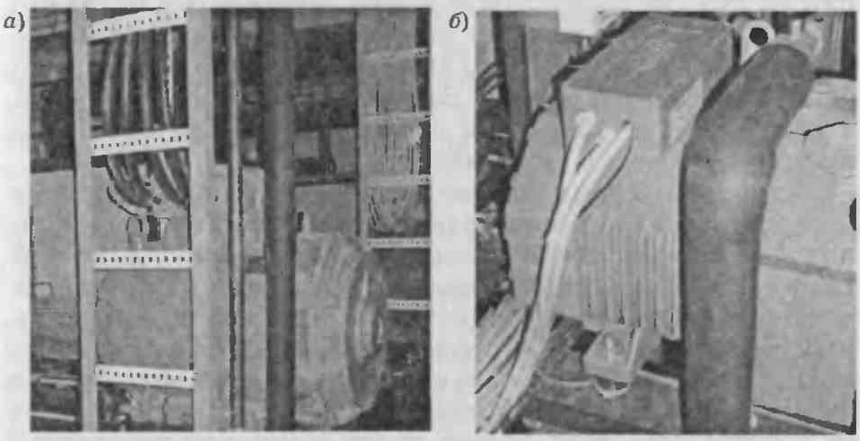


Рис. 2.135. Ввод кабелей в клеммную коробку электродвигателя: *а* — крупного компрессорного агрегата; *б* — фреонового компрессора; видны два сальника, в третье отверстие кабели заведены без сальника, что недопустимо

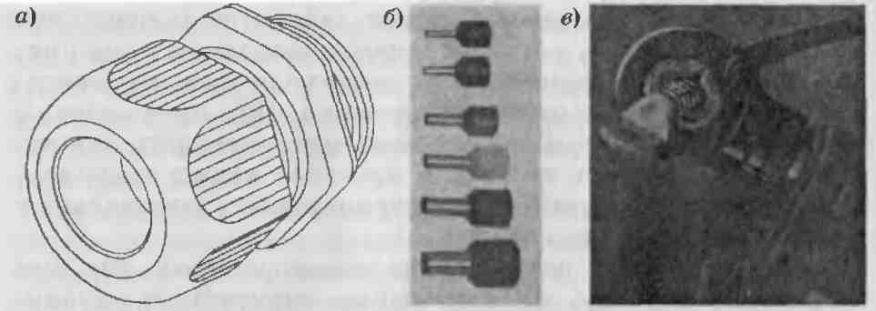


Рис. 2.136. Аксессуары для кабеля: *а* — сальник для ввода кабеля в клеммную коробку; *б* — наконечники с площадью сечения до 10 мм^2; *в* — обжимка наконечника с площадью сечения 16 мм^2

лить или выбить, что делается отверткой. В отверстие необходимо дополнительно вставить сальник, который предотвратит попадание воздуха в клеммную коробку. Так как корпус электродвигателя компрессора или насоса часто имеет отрицательные температуры, в коробке, не имеющей герметизирующих сальников, постоянно образуется конденсат, приводящий к коротким замыканиям. В крышке клеммной коробки предусмотрена резиновая прокладка; для герметизации стыка крышка крепится винтами со шлицом (рис. 2.137).

После того как кабель отрезан и введен в клеммную коробку, его разделывают, т. е. снимают верхний слой изоляции на участке необходимой длины, обнажая жилы. Место, где заканчивается верхняя изоляция и начинаются жилы, укрепляют изолентой, верхний слой изоляции чаще всего аккуратно срезают ножом. Затем снимают изоляцию окончания жилы, зачищая или срезая ножом, для того чтобы ввести ее в клеммы компрессора.

Устройство клемм бывает разным — в зависимости от мощности и конструкции электродвигателя, но обычно это колодка или резьбовые штыри, где жилу закрепляют гайками. Для ввода жилы в колодку требуется на кабель надеть наконечник или облудить его, если это не одножильный кабель, при этом проволочки перед облуживанием подкручивают. Жилу с наконечником или облуженную вводят в колодку и зажимают там винтом. В зависимости от конструкции винт может иметь шлиц или внутренний шестигранник. Для присоединения жилы к резьбовым штырям на нее надевают наконечник с ушком, наконечник должен быть медным (на заводе их облуживают, по-

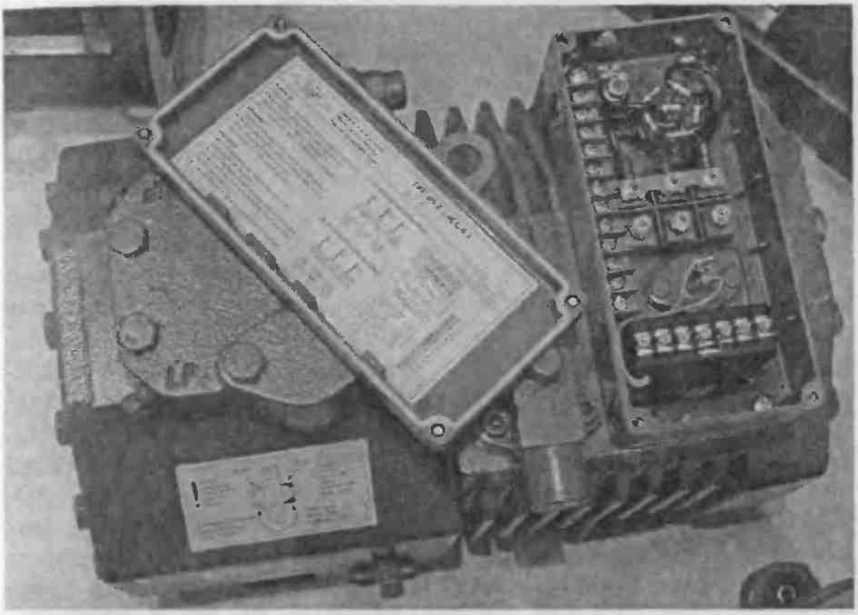


Рис. 2.137. Клеммная коробка компрессора «Bitzer»; видны: инструкция по подключению на обратной стороне крышки, клеммы, перемычка, провода, идущие от термодатчиков в обмотках, резиновая прокладка

этому наконечник имеет цвет припоя), надевают на штырь и затягивают гайкой. Место стыка наконечника с жилой обматывают изолентой. После надевания наконечника или закрепления в колодке кабель слегка дергают, и если он легко выпадает, то соединение переделывают. Жилы нельзя выкусывать, для того чтобы надеть меньший по сечению наконечник, жилы не должны иметь надрезов и повреждений изоляции. Затяжка винтов и гаек должна быть как можно более плотной. Каждый агрегат должен быть обязательно заземлен, в клеммной коробке предусмотрен для этого штырь. Жилу для этого берут обычно желто-зеленую.

Во всех современных электродвигателях предусмотрены датчики температуры, встроенные в обмотку и позволяющие отключать электродвигатель при превышении температуры обмоток. Гнездо для присоединения кабелей, проводящих сигнал от термодатчиков к щиту, либо находится в общей колодке, либо выполняется как отдельный резьбовой штырь.

Современные электродвигатели для уменьшения пусковых токов запускают по схеме «звезда» с последующим пе-

реводом на схему «треугольник». Особенность монтажа при этом состоит в том, что к электродвигателю подводят два кабеля, которые позволяют осуществить это переключение; непосредственно переключение происходит в щите. Нередко из-за отсутствия кабелей необходимого сечения питание крупных электродвигателей производят по нескольким кабелям, суммарная площадь сечения которых равна необходимой.

Такое решение не рекомендуется использовать, так как стоимость нескольких кабелей будет выше, чем одного, необходимого сечения, при монтаже трудно ввести несколько кабелей в один наконечник (рис. 2.138). На каждой крышке клеммной коробки внутри приведена схема подключения данного электродвигателя.

Компрессор имеет защиту от неправильного направления вращения вала электродвигателя, но при подключении следует учитывать, что для винтовых и спиральных компрессоров направление вращения вала важно, для поршневых компрессоров — нет. Направление вращения трех-

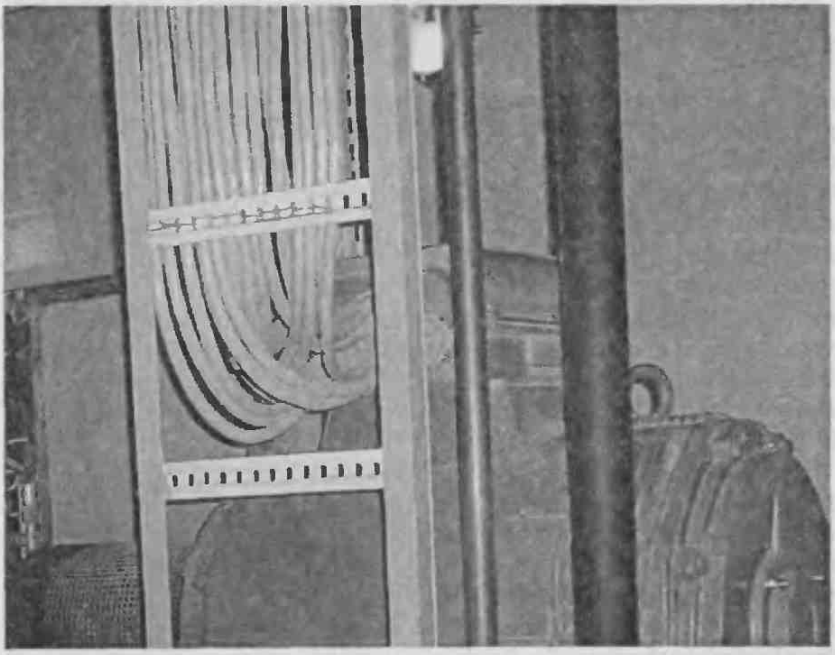


Рис. 2.138. Питание электродвигателя компрессорного агрегата по нескольким кабелям

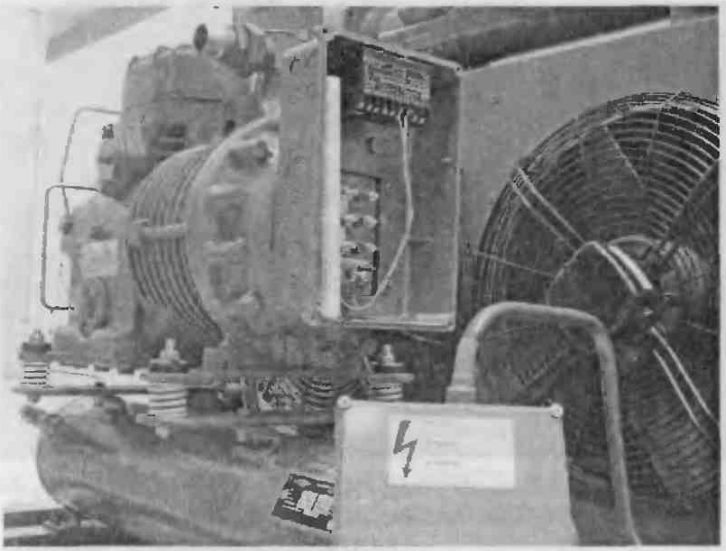


Рис. 2.139. Клеммная коробка компрессора «Bitzer»; видны: прибор защиты INT 69, инструкция по подключению, вложенная в коробку, выдавленные в корпусе углубления, под сальники разных диаметров

фазного электродвигателя легко изменить, поменяв местами фазы в клеммной коробке или в щите, где это будет более удобно.

Большинство современных компрессоров защищено от перекоса и выпадения фаз, имеют задержку по времени на повторное включение 3–5 мин, контроль температуры обмоток и направления вращения. Наиболее популярными приборами для этого являются INT 69 (только контроль температуры обмоток, рис. 2.139), поставляемый комплектно, или INT 389, поставляемый как опция. INT 389 имеет все перечисленные возможности, а также функцию контроля температуры нагнетания. Приборы устанавливают непосредственно в клеммной коробке компрессора, питание происходит с клемм компрессора.

В крупных компрессорных агрегатах все функции по защите электродвигателя от перекоса и выпадения фаз, перегрева обмоток электродвигателя, неправильного направления вращения и по ряду других параметров выполняют системы автоматического контроля, встроенные в щит агрегата (рис. 2.140). Монтажнику необходимо подключить электропитание к щиту этой системы, расположенному на раме агрегата, в нижней части щита имеются сальни-

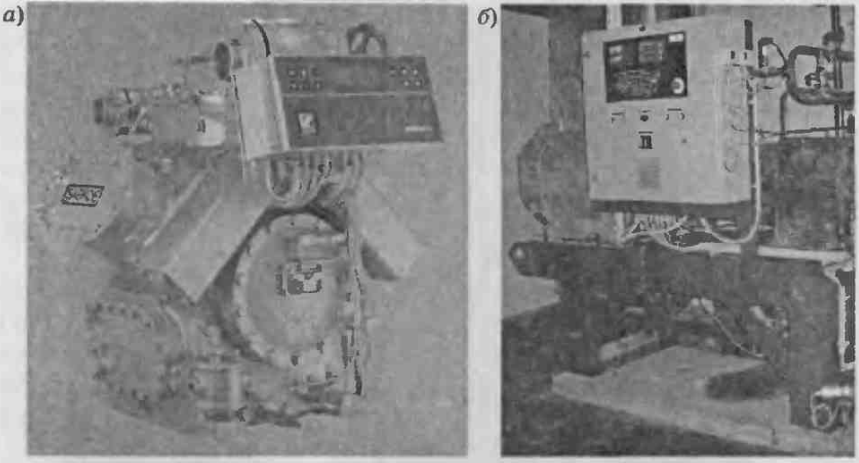


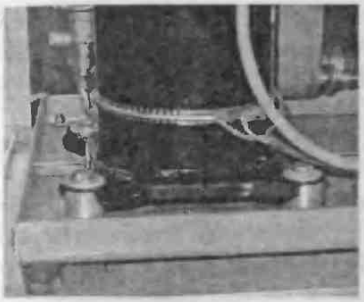
Рис. 2.140. Щиты компрессорных агрегатов: *а* — агрегата «Sabroe»; все подключения к приборам выполнены; *б* — агрегата «Hafi»

ковые вводы. Нередко новые компрессорные агрегаты комплектуют лишь частично кабельными соединениями, при реконструкциях агрегаты доукомплектовывают. По схемам завода-изготовителя и проектной документации некомплектный агрегат при монтаже требуется обеспечить всеми необходимыми подключениями. Иногда приборы по контролю перекоса фаз располагают в силовых щитах, установленных рядом с компрессорными агрегатами. Тогда требуется прокладка линий коммутации щитов управления агрегата и силовых щитов, где располагаются приборы защиты.

В большинстве современных компрессоров встроен ТЭН подогрева картера или маслоотделителя. Для его питания достаточно трехжильного кабеля, который необходимо защитить рукавом. Кабель подключается к ТЭНу через сальник съемной закрытой колодки, которая присоединяется к ТЭНу на винтах, обычно ТЭН однофазный. В колодку вставляются жилы в наконечниках, ТЭН заземляют, для чего в колодке предусмотрено гнездо. На поршневых небольших компрессорах предусматривается как опция вентилятор для обдува головок цилиндров и электродвигателя, он подключается как любой электродвигатель (рис. 2.141).

Моноблоки и сплит-системы имеют высокую степень готовности к подключению, все внутренние разводки выполнены на заводе-изготовителе, достаточно лишь подвести электропитание в щит моноблока или компрессорно-

а)

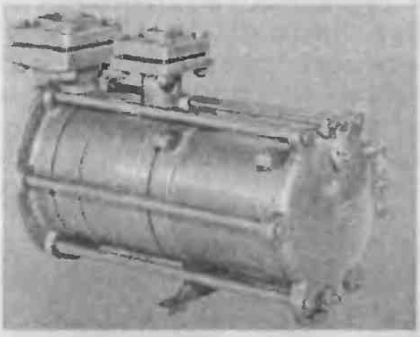


б)

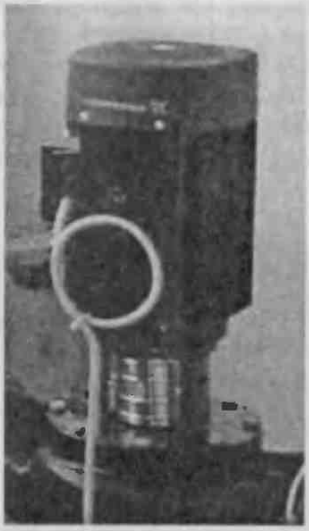
Рис. 2.141. Дополнительное электрооборудование для компрессоров: *а* — внешний ТЭН обогрева масла; *б* — вентилятор обдува головок цилиндров поршневого компрессора

конденсаторного блока сплит-системы и произвести заземление. В сплит-системах необходимо также от щита компрессорно-конденсаторного блока протянуть питание к клеммной коробке воздухоохладителя.

а)



б)



в)

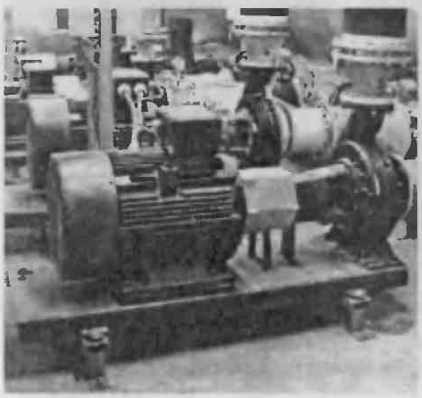


Рис. 2.142. Электроподключение насосов: *а* — холодильного агента (клеммная коробка сбоку); *б* — для воды и хладоносителей; *в* — консольного для воды и хладоносителей

Насосы для холодильных агентов, хладоносителей и воды подключаются как любой электродвигатель, датчик температуры обмоток встроен, подводят два кабеля, клеммная коробка расположена сбоку или сверху (консольные и герметичные насосы), сальники необходимы из-за конденсации влаги в коробке (рис. 2.142). Насосы для воды и хладоносителей могут быть сдвоенными. На некоторые насосы ставят частотные преобразователи, позволяющие изменять частоту вращения вала насоса, тем самым варь-

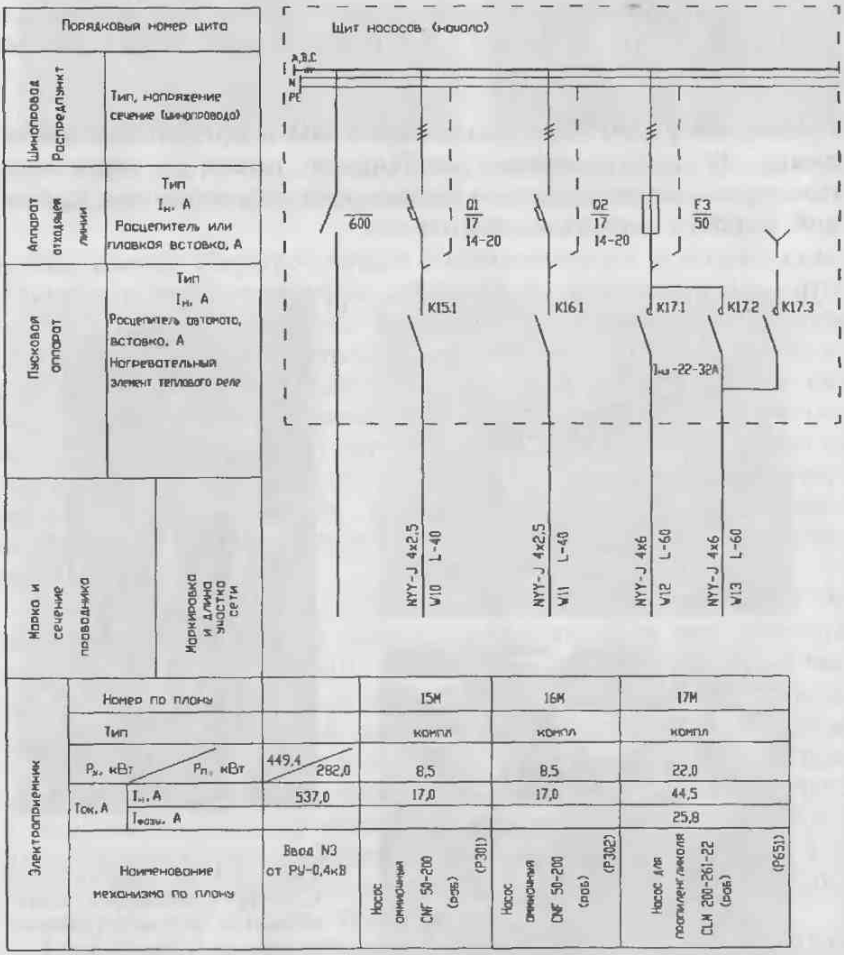


Рис. 2.143. Пример принципиальной однолинейной схемы электроподключения трехфазного двигателя насосов для холодильного агента и хладоносителя

ируя его производительность. Электродвигатели насосов могут быть как трехфазными 230 В Δ/400 В Y/3/50 Гц ± ± 10 %, так и однофазными 230 В Δ/1/50 Гц ± 10 %. Для аммиачных холодильных установок степень защиты электродвигателя должна быть не ниже IP 55. Пример принципиальной однолинейной схемы электроподключения трехфазного двигателя насосов для холодильного агента и хладоносителя показан на рис. 2.143.

Особенностью подключения электродвигателей воздухоохладителей, конденсаторов (рис. 2.144), воздушных охладителей жидкости (драйкулеров) и масла, градирен является то, что обычно кабельная разводка от вентиляторов к клеммным коробкам не делается заводом-изготовителем. Зачастую отсутствует и клеммная коробка, поэтому необходимо предусмотреть герметичную клеммную коробку с сальниками, колодку и кабели. Вентиляторы имеют несколько частот вращения, при подключении следует проверить скорость вращения вентилятора, так как при низких оборотах вентилятора объемный поток воздуха будет ниже необходимого и аппарат не даст нужной производительности. Проверку можно произвести анемометром, умножив площадь воздуховыпускного отверстия (если вентилятор толкающий) на полученную скорость, при этом скорость измеряют не менее чем в четырех точках. Направление вращения вентилятора легко определить и проконтролировать визуально.

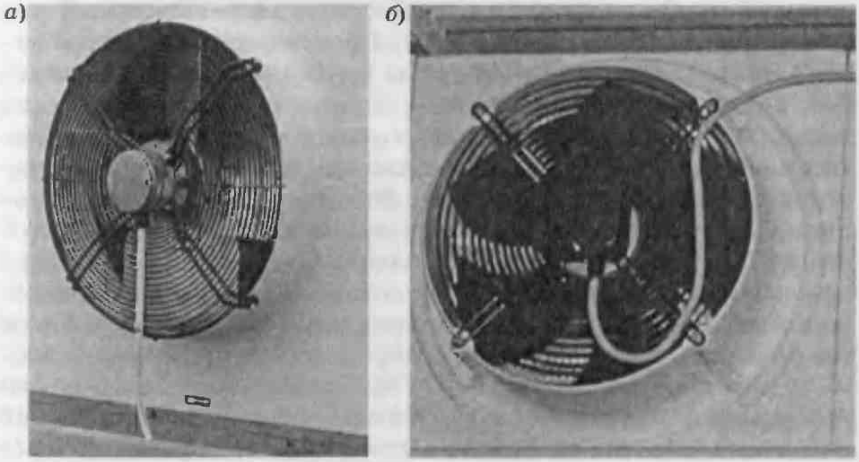


Рис. 2.144. Подключение электродвигателей: *а* — конденсатора; *б* — воздухоохладителя

Рис. 2.145. Воздухоохладитель со снятым поддоном; виден ТЭН обогрева поддона

Воздухоохладители, используемые для низкотемпературных камер, иногда имеют опцию обогрева обечайки вентилятора, поэтому необходимо предусмотреть электропитание этого обогревающего кабеля, по мощности часто сравнимого с мощностью вентилятора. В случае использования электрооттаивания к подключению электродвигателей воздухоохладителей добавляется подключение ТЭНов оттаивания. Для предотвращения замерзания талой воды в поддоне воздухоохладителя как опция заводом-изготовителем встраивается ТЭН обогрева поддона (рис. 2.145). На сливной трубе необходимо разместить нагревательный кабель (гибкий ТЭН, рис. 2.146). Обогревающие кабели необходимой мощности крепят к трубопроводу алюминиевой самоклеющейся фольгой, оставляя провисы. Затем, провисы наматывают на трубопровод и закрепляют алюминиевой фольгой, нигде кабель не должен быть без защитной алюминиевой фольги. Фольга необходима для защиты обогревающего кабеля после покрытия трубы изоляцией, пересечение кабелей недопустимо. Также возможна укладка по длине трубопровода, когда длины нагревательного кабеля и трубы совпадают и мощность кабеля такой длины соответствует требуемой. При монтаже кабеля в холодное время он может плохо гнуться, поэтому его необходимо размотать и включить в сеть, кабель станет гибким; включать в бухте запрещается. Питание обогревающего кабеля производят из клеммной коробки воздухоохладителя или из щита. ТЭНы воздухоохладителей од-

Рис. 2.146. Укладка обогревающего кабеля: *а* — витками; *б* — по длине

нофазные, их необходимо заземлить. Пример принципиальной однолинейной схемы электроподключения трехфазных двигателей вентиляторов воздухоохладителей, ТЭНов и обогревательных кабелей приведен на рис. 2.147.

Одним из схемных решений, помогающих отделению масла в низкотемпературных аммиачных системах, является подогрев маслоотводящих трубопроводов от циркуляционных ресиверов к маслосборнику. На трубопроводы наматывают обогревающие кабели соответствующей мощности и защищают их алюминиевой фольгой. При отсутствии в маслосборнике встроенного ТЭНа его обматывают в нижней части нагревательными кабелями, с шагом не менее трех диаметров нагревающего кабеля. Так же при использовании компрессоров, не имеющих ТЭНа, в условиях низких температур окружающего воздуха применяют внешний обогревающий кабель. Обогревающими кабелями оборудуют трубопроводы оборотной воды при опасности замерзания в зимний период (рис. 2.148).

Обогревающие кабели используют для защиты грунта под низкотемпературными холодильными камерами от промерзания. При длительной эксплуатации холодильной камеры, несмотря на тепловую изоляцию пола, промерзание грунта и образование ледовой линзы могут привести к полному разрушению строительных конструкций камеры. В низкотемпературных холодильных камерах редко используют продухи под полом, практически не используют обогрев гликолевыми растворами. Продухи сложны в исполнении; на 1 м^2 холодильной камеры можно уложить груз гораздо меньшей массы, чем в камере, стоящей на грунте. Основным достоинством одноэтажных холодильников можно считать максимально возможную нагрузку на метр квадратный камеры, поэтому продухи применяют мало. Наиболее простое решение — укладка в бетонный пол обогревающего кабеля (рис. 2.149), однако необходи-

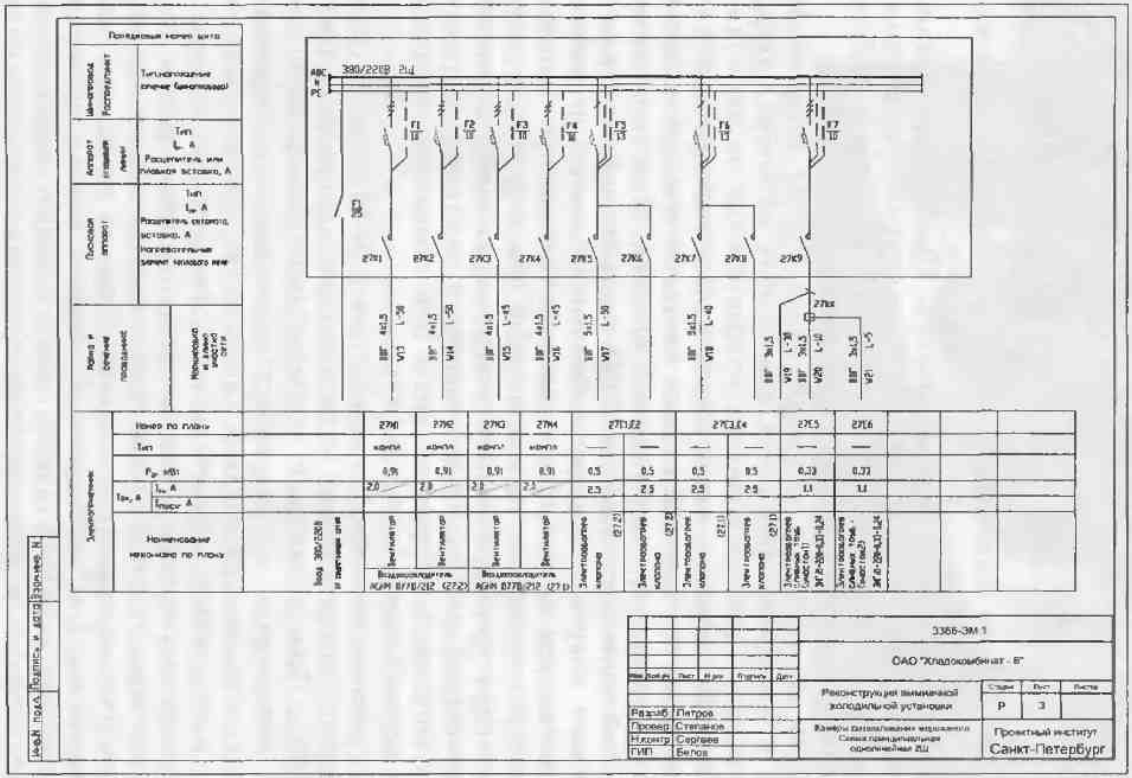


Рис. 2.147. Пример принципиальной однолинейной схемы электроподключения трехфазных двигателей вентиляторов воздухоохладителей, ТЭНов и обогревательных кабелей

мо применять двухконтурный обогревающий кабель — он надежнее и долговечнее одноконтурного. Основной трудностью при укладке обогревающего кабеля в основание холодильной камеры является согласование со строителями, выполняющими данные работы, последовательности операций и качества выполнения работ.

Большинство испарительных конденсаторов и градирен оснащены центробежными вентиляторами, крыльчатки установлены на общем валу, приводимом в движе-

Рис. 2.148. Укладка обогревающего кабеля на трубопроводы оборотной воды

Рис. 2.149. Устройство обогреваемого пола

ние одним или двумя электродвигателями (рис. 2.150, *а*). Вентиляторы двухскоростные, электродвигатели трехфазные, иногда комплектуются частотными регуляторами. В России модификации со встроенным циркуляционным насосом распространены мало, но при такой модификации необходимо произвести электропитание насоса, расположенного со стороны присоединительных патрубков. Мало используются и ТЭНы подогрева поддона, но при наличии их необходимо запитать. Отечественные производители испарительных конденсаторов и вентиляторных градирен оснащают их осевыми односкоростными вентиляторами. Качество вентиляторов невысокое, часто перегорают обмотки электродвигателей, встроенных термодатчиков нет. Подводка к электродвигателям отсутствует, поэтому электрокабель в клеммную коробку необходимо подвести, электродвигатели центробежных вентиляторов находятся внутри корпуса, осевых — снаружи. В обоих случаях герметизация клеммной коробки обязательна, кабели защищают металлическим рукавом или коробами.

Соленоидные катушки состоят из собственно катушки и съемной закрытой колодки, соединяющихся между собой винтами. Колодка имеет сальник, куда вводят кабель, катушку с колодкой надевают на шток и фиксируют крышкой; на современных катушках крышек нет (рис. 2.151). Электронные ТРВ подключают аналогично соленоидным клапанам. Моторные вентили подключают как любой электродвигатель.

Силовые щиты, поставляют готовыми к монтажу, их необходимо установить на ровную поверхность, закрепить

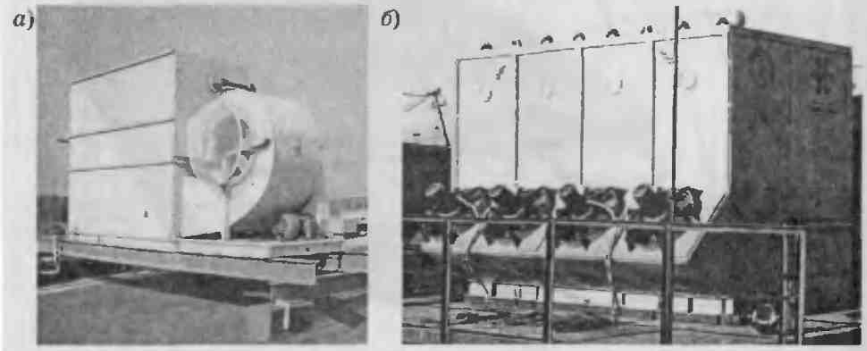


Рис. 2.150. Теплообменное оборудование: *а* — градирня с центробежными вентиляторами; *б* — отечественный испарительный конденсатор с осевыми вентиляторами

на винтах, или закрепления не требуется. Широко распространена установка щита непосредственно на раме централи или чиллера, однако при эксплуатации такие щиты часто выходят из строя из-за вибрации. Силовой щит и щит автоматизации необходимо закреплять на стене во избежание передачи вибрации от работы холодильной установки. Силовые щиты собираются специализированными организациями, к ним прилагается документация по подключению в виде схем. Часто производители вкладывают документацию в специальные карманы внутри щитов или прикрепляют документацию в прозрачных папках к внутренней стороне дверцы. Нередко клеммные колодки уже пронумерованы и надписаны на заводе-изготовителе в соответствии со схемой холодильной установки (рис. 2.152). Щиты имеют высокую степень защиты, минимум IP 44, в аммиачных системах — IP 55. Сальниковые вводы, конденсация внутри щитов и попадание влаги недопустимы. Дверца щита должна быть оборудована резиновой прокладкой.

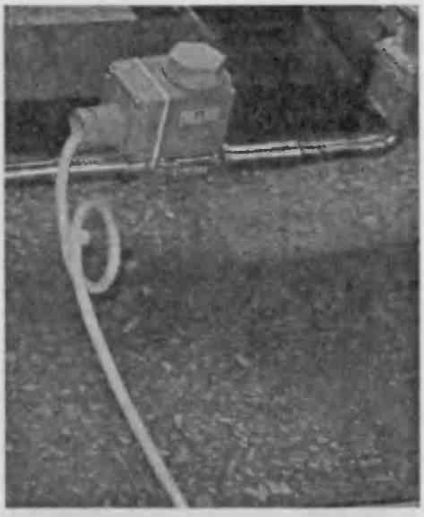


Рис. 2.151. Электроподключение соленоидного клапана

Ввод кабелей осуществляется сверху или снизу, соответственно сальники расположены сверху или снизу; в холодильной технике в основном используют щиты с нижним вводом. Монтажникам необходимо согласно схемам подключения подвести от соответствующего оборудования к клеммным колодкам и автоматам кабели, разделать их, облудить или оборудовать наконечниками и завести на клеммы. Кабели нельзя подводить с натягом или с большим количеством лишнего кабеля; подводимый кабель должен иметь слабину на несколько разделок (100–300 мм). При монтаже необходимо соблюдать осторожность и проверять наличие напряжения в щите, предпочтение следует отдавать щитам с рубильником, не позволяющим открыть щит без обесточивания (рис. 2.153). Каждый кабель должен быть оборудован металлической или пласти-

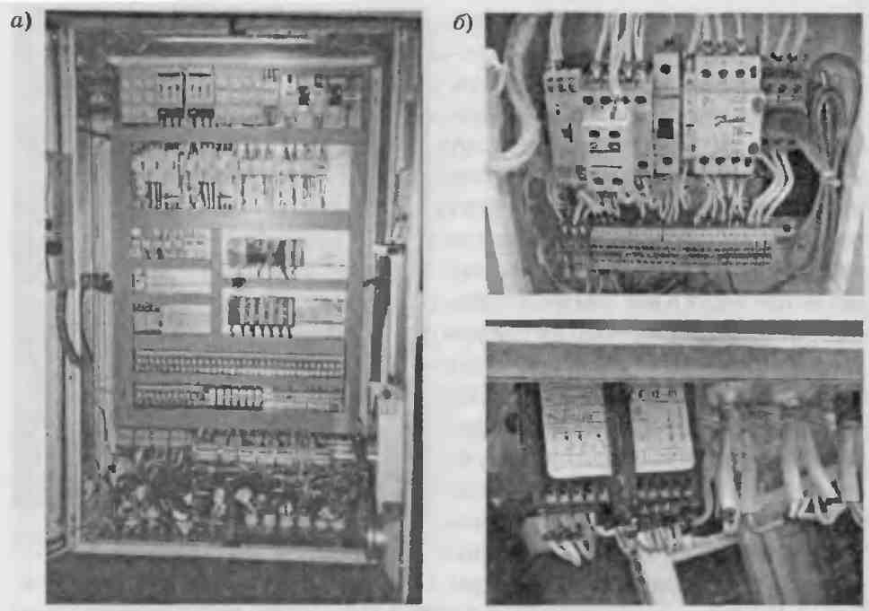


Рис. 2.152. Силовые щиты: *а* — внешний вид; *б* — оборудование силового щита

ковой биркой с номером кабеля в соответствии со схемами. Дополнительно можно применять цветовую разметку изоляционной лентой, когда кабели электродвигателей, соленоидных клапанов, приборов автоматизации отмечают-

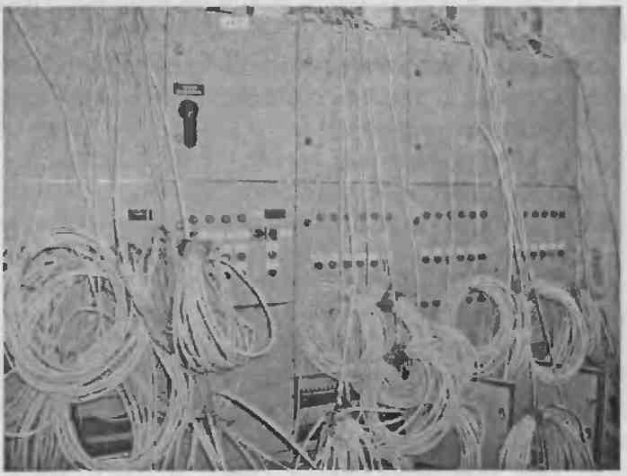


Рис. 2.153. Монтаж кабелей в щит управления

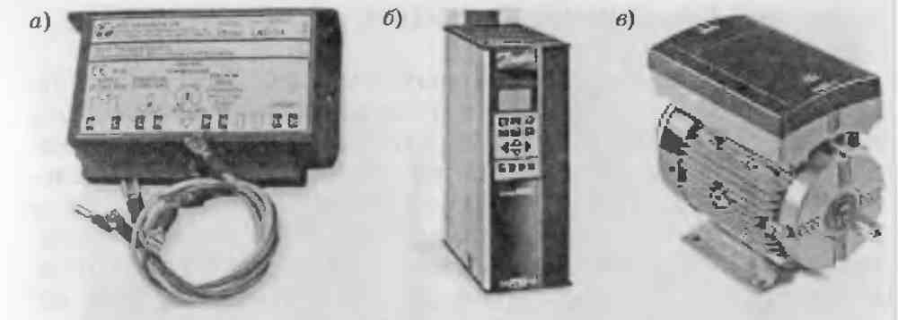


Рис. 2.154. Регуляторы частоты вращения: *а* — регулятор частоты для вентилятора; *б* — промышленный регулятор частоты «Danfoss», встраиваемый в щит; *в* — регулятор частоты «Danfoss», закрепляемый на электродвигателе

ся перчатками из изоляционной ленты своего цвета. При монтаже необходимо так располагать кабели на рабочем месте, чтобы их не повредили при транспортировке грузов, паечных и сварочных работах.

Получают распространение регуляторы частоты вращения электродвигателя (рис. 2.154). Для компрессорных агрегатов регуляторы частоты применяют редко, так как компрессорные агрегаты имеют свои системы регулирования производительности, менее дорогостоящие и эффективные. Регуляторы частоты вращения применяют в холодильной технике для изменения характеристик насосов и вентиляторов. Монтаж таких приборов осуществляется в щит, в линию между автоматом и электродвигателем. Последние модификации могут быть закреплены непосредственно на клеммной коробке электродвигателя. Часто с помощью регуляторов частоты вращения стараются исправить неправильный подбор насосов, электродвигатели которых сильно греются после зажатия нагнетания насоса затворами и различными балансировочными клапанами. Следует знать, что область регулирования характеристик насоса таким способом весьма небольшая, практически в каждом случае установка регулятора частоты вращения, переточка колеса и подобные действия ведут к сгоранию электродвигателя насоса.

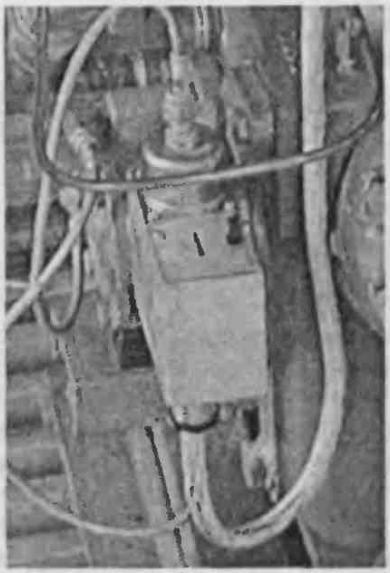
2.5.2. ПРИБОРЫ КИПиА

Прокладку сигнальных кабелей производят отдельно от силовых, расстояние между ними должно быть не менее 150 мм во избежание наводок и искажения сигналов. Сигнальными кабелями не следует пересекать силовые трассы, в случае необходимости расстояние между пересекающимися кабелями должно быть не менее указанного выше. Сигнальные кабели укладывают на лотки, в короба или ведут отдельно. В холодильной технике используют лишь медные кабели, обычно сечением площадью 1,5 мм^2. Некоторые приборы требуют для защиты сигнала экранированные кабели, что указывают в кабельном журнале и инструкциях по монтажу прибора. Для некоторых приборов, поставляемых с отрезком кабеля, следует предусматривать распаечные коробки для наращивания кабеля. Для точности показаний приборов важно сопротивление кабеля, поставляемого с прибором; этот кабель нельзя укорачивать.

Не рекомендуется прозванивать приборы КИПиА, так как сигнал мультиметра может повредить цепи некоторых приборов. Приборы автоматизации предпочтительно размещать группами на щитах, где легко считать и откорректировать уставки, произвести сервисное затягивание накидных гаек, защитить подводимые кабели общим коробом или рукавом. Кабели не должны подводиться с натягом или излишним количеством кабеля, подвод кабеля необходимо производить с небольшим запасом на одну-две разделки (100–200 мм). Приборы, устанавливаемые на улице и в технологических цехах, необходимо тщательно герметизировать, при возможности защищать козырьками, навесами или размещать в местах, недоступных для влаги. Все кабели, расположенные ниже 1,8 м, необходимо защищать металрукавами и коробами.

Реле давления и диффиренциальные реле давления подключают в соответствии со схемами, прилагаемыми заводами-изготовителями. Схемы разнообразны, каждый производитель рекомендует собственную схему подключения. В приборе выполнена клеммная колодка, куда заводят кабель и зажимают винтом. Кабели вводят через сальник, прибор должен быть расположен так, чтобы он был защищен от брызг жидкостей (рис. 2.155).

Датчики давления особенно широко распространены в системах автоматизированного управления (рис. 2.156, *а*).



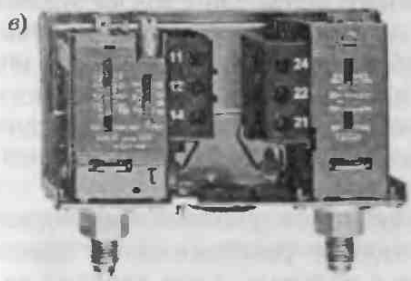


Рис. 2.155. Реле давления: *а* — внешний вид; виден сальник; *б* — реле на агрегате; *в* — клеммные колодки сдвоенного реле давления; ввод кабеля снизу

Они имеют съемную головку, закрепляемую винтом. В головке расположена клеммная коробка, куда через сальник заводят кабель. Часто с датчиками давления поставляют отрезок кабеля; его не следует укорачивать, это может повлиять на сигнал датчика.

Датчики температуры (рис. 2.156, *б* и *в*) поставляют с хвостовиком, его нельзя укорачивать. При монтаже необходимо учесть, что длина датчика, монтируемого в трубопровод, не должна превышать его диаметра. Гильзы для термодатчиков принято наполнять маслом для лучшего показания. Кабель от термодатчиков заводят непосредственно на контроллер или другой управляющий прибор. Крупные датчики температуры, распространенные в пищевой промышленности в холодильной технике, практически не используются. Датчики температуры конца оттаивания

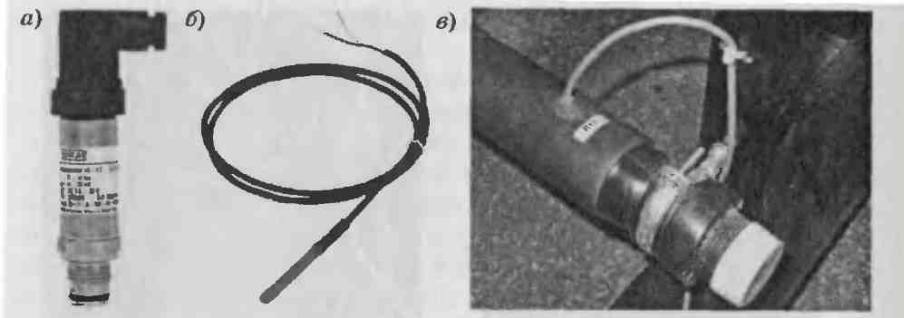


Рис. 2.156. Датчики «Wika»: *а* — датчик давления; *б* — датчик температуры; *в* — датчик температуры, установленный на трубе

вставляют между ребер воздухоохладителя, межреберное расстояние должно быть равно или чуть меньше диаметра датчика (рис. 2.156, *б*).

С распространением систем удаленного доступа распространение получают электронные манометры, данные с которых можно вывести на контроллер. Они также имеют сальниковый ввод, клеммную колодку внутри, куда необходимо подвести кабель, часто экранированный (рис. 2.157, *а*). Чаще для систем удаленного доступа используют датчики давления, но цифровые манометры могут быть удобны для крупных предприятий, так как могут отображать показания по месту.

Реле уровня подключают через блок усиления, который может быть установлен на любом расстоянии от реле. В блоке усиления есть клеммная колодка, куда заводят кабели в соответствии со схемой подключения (рис. 2.157, *б*).

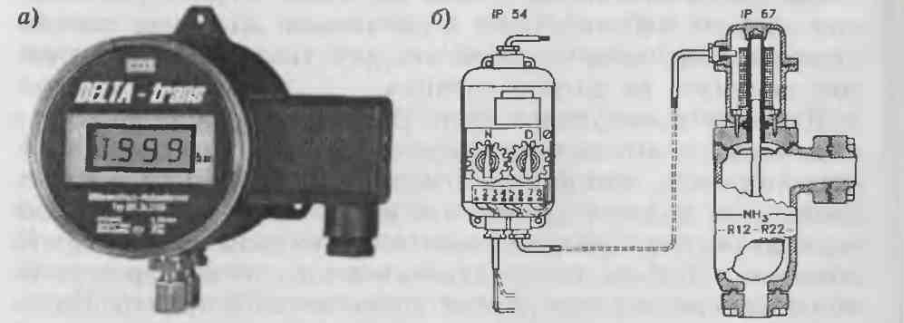


Рис. 2.157. Приборы автоматизации: *а* — цифровой дифференциальный манометр; *б* — фрагмент инструкции по монтажу реле уровня фирмы «Danfoss» марки 38E с блоком усиления

Датчики уровня имеют съемные головки с клеммными колодками, куда заводят кабели. Часто с датчиками уровня (регуляторами уровня) используют блоки усиления и блоки визуализации уровня жидкости. Информацию с таких датчиков можно заводить непосредственно на контроллеры и использовать для систем удаленного доступа.

Контроллеры позволяют управлять элементами холодильной установки или всей установкой в целом. Кроме того, контроллер отображает текущую информацию о состоянии холодильной установки на дисплее и выводит ее на компьютер (рис. 2.158). Контроллеры могут монтироваться в щитах на DIN-рейке, встраиваться в дверцу щита или монтироваться непосредственно на кронштейне на стене или в любом удобном месте. Контроллеры обычно поставляют с необходимым комплектом датчиков температуры, давления, крепежом. Сзади у контроллера выполнена клеммная колодка, куда заводят кабели от устройств и датчиков. Питание часто ниже, чем 220 В, поэтому к контроллеру прилагаются трансформаторы. Выпускают специальные контроллеры для управления работой вентиляторов конденсаторов и драйкулеров.

Полностью связать холодильную установку в единую систему управления позволяет система ADAP-KOOL (рис. 2.159). Она позволяет управлять компрессорным агрегатом или несколькими компрессорными агрегатами, оснащенными приборами регулирования и защиты по электропитанию, датчиками давления, вентиляторами конден-

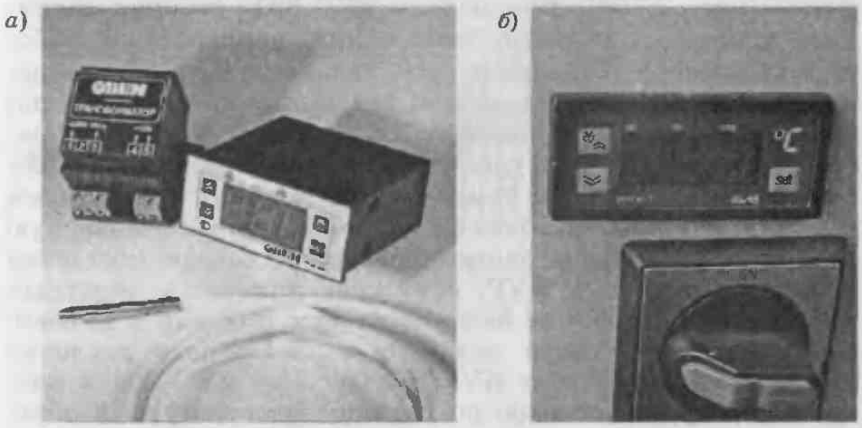


Рис. 2.158. Контроллеры: *а* — контроллер, трансформатор и датчик температуры «Овен»; *б* — контроллер «Eliwell», установленный в дверце щита

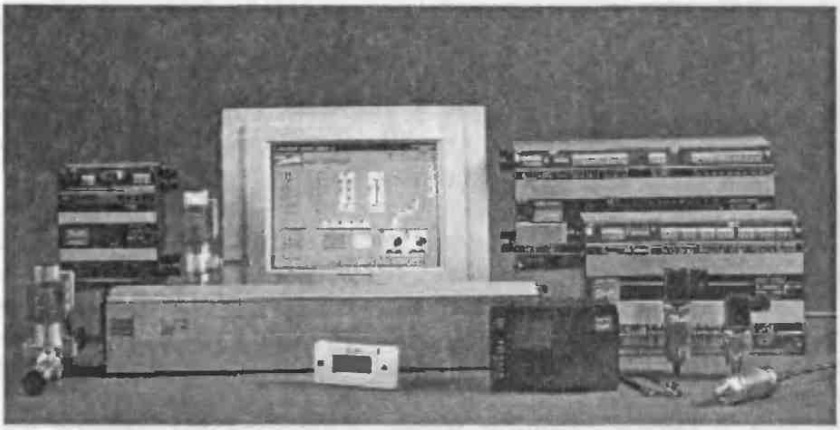


Рис. 2.159. Оборудование системы ADAP-KOOL фирмы «Danfoss»

сатора и воздухоохладителей, электронным расширительным вентилем. Вся информация о холодильной установке может быть выведена на компьютер, причем доступ к информации можно получить, находясь на удалении от холодильной установки по модемной связи, что очень удобно для малонаселенных районов, где нет телефонных линий, но есть возможность использовать, например, GSM-модем. Кроме того, подобные системы дают возможность извещать обслуживающий персонал при помощи SMS-сообщений о состоянии холодильной установки и неполадках.

Таким образом, при помощи приборов автоматизации можно комплексно автоматизировать холодильную установку (рис. 2.160). Контроллер ЕКС 331, отбирая датчиком, например, давление всасывания, контролирует работу компрессора. Сдвоенное реле давления КР 15 защищает компрессор по превышению давления нагнетания и падению давления всасывания. Холодильная установка работает на две температуры кипения, нижняя камера работает на более низкую температуру, верхняя — на более высокую. Чтобы выровнять давление, на всасывающую линию в верхней высокотемпературной камере поставлен регулятор давления KVP, в нижней камере — обратный клапан NRV, чтобы не было перетечек, так как в высокотемпературной камере давление выше. Общее давление всасывания регулирует KVL. Контроллер ЕКС 201 в низкотемпературной камере по датчику температуры в объеме управляет работой вентиляторов, закрытием и открытием соленоидного вентиля EVR, началом и окончанием

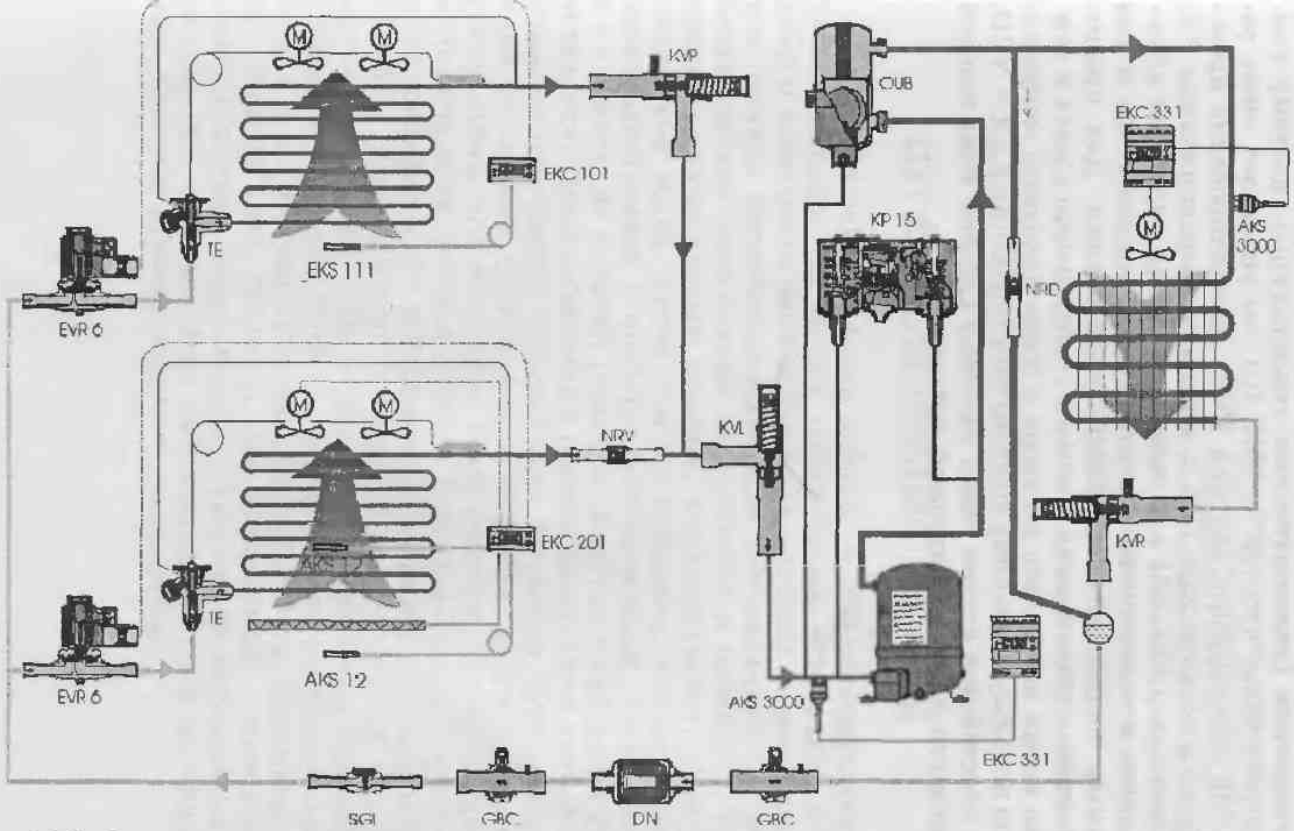


Рис. 2.160. Схема комплексной автоматизации холодильной установки средствами автоматизации «Danfoss»

оттаивания. В высокотемпературной камере не требуется оттаивания (положительные температуры), поэтому контроллер более простой — ЕКС 101, он управляет лишь работой соленоидного вентиля EVR. Дросселирование производят механические ТРВ с внешним выравниванием ТЕ. Контроллер ЕКС 331 с датчиком давления управляет включением и выключением вентиляторов конденсатора и тем самым поддерживает давление конденсации. Для предотвращения перетекания жидкого холодильного агента в зимнее время из теплого ресивера в более холодный конденсатор используют систему зимнего регулирования KVR + NRD. В простейшем случае такой является система комплексной автоматизации холодильной установки.

Независимо от единиц измерения, используемых поставщиком или покупателем, производитель будет использовать собственные произвольные единицы измерения, переводимые в единицы поставщика или покупателя с помощью странных и неестественных коэффициентов пересчета.

Теорема Вышковского

Глава 3

ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ

Пусконаладочные работы — это завершающая часть монтажа. На малых холодильных установках эти работы выполняют монтажники, на крупных — специальная бригада пусконаладчиков. При пусконаладочных работах систему испытывают на прочность и плотность, заправляют холодильным агентом, хладоносителем, циркуляционной водой, проверяют правильность подключения электродвигателей и приборов автоматизации, настраивают агрегаты на рабочий режим и запускают холодильную установку. Пусконаладочные работы выполняют наиболее квалифицированные специалисты, зачастую пусконаладчики выполняют лишь одну-две операции, например центровку муфты или настройку щита агрегата, проверку правильности подключения кабелей. При пусконаладке используют специфические инструменты, например холодильную линейку, переводящую давление в разнообразных системах в температуру в Цельсиях или Фаренгейтах, таблицы термодинамических свойств, течеискатели, вакуумные насосы и т. д. Обычно пусконаладочные работы затягиваются, следует быть готовым, что холодильная установка, смонтированная, заправленная и уже не раз запускавшаяся, все еще отстраивается наладчиками, порой на крупных объектах процесс занимает до полугода.

3.1. ИСПЫТАНИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ПРОЧНОСТЬ И ПЛОТНОСТЬ

После монтажа, перед пуском в работу, сосуды, аппараты и трубопроводы должны подвергнуться техническому освидетельствованию, а также после ремонта или остановки, длящейся более года. В состав технического освидетельствования сосудов, аппаратов и трубопроводов входят: наружный и внутренний осмотр (при наличии люков), пневматические испытания на прочность, плотность сосудов, аппаратов и трубопроводов (для фреоновых установок испытания проводят только на плотность из-за высокой текучести агента). Для аммиачных установок на территории России пневматические испытания допускаются при условии сопровождения акустико-эмиссионнным или другим методом контроля, согласованным с Гостехнадзором России. Для вновь устанавливаемых сосудов и аппаратов, поставляемых в собранном виде и законсервированных, если соблюдены указанные в эксплуатационной документации условия и сроки хранения, испытания на прочность проводить не требуется. Новые сосуды и аппараты испытывают на плотность и прочность воздухом или инертным газом (азотом) под давлением, указанным в табл. 3.1.

При техническом освидетельствовании системы запрещено использовать аммиак и не рекомендуется фреон в качестве нагружающей среды, нельзя использовать холодильный компрессор в качестве воздушного. При испытании на прочность в аммиачных установках одного сосуда (аппарата) или трубопровода (участка) он должен быть отсоединен от других сосудов, аппаратов и трубопроводов с использованием межфланцевых металлических заглушек толщиной, рассчитанной на давление выше пробного в 1,5 раза. Заглушки должны иметь прокладки с хвостовиками, выступающими за пределы фланцев не менее 20 мм. Вместо заглушек использовать запорную арматуру запрещено, места расположения отмечают предупредительными знаками и освобождают от людей. Вся запорная арматура на сосуде (аппарате) и трубопроводе полностью открывают, сальники уплотняют, вместо регулирующих клапанов и измерительных устройств устанавливают монтажные катушки, врезки, штуцеры, бобышки для КИП заглушают, не рассчитанные на давление испытания отключают. На аммиачных установках и крупных фреоновых давле-

Таблица 3.1

Давление воздуха (инертного газа) для испытания на плотность и прочность холодильных аппаратов

Область испытаний	Давление испытания (избыточное), МПа	
	пробное, на прочность	расчетное, на плотность
Сторона низкого давления установок и сторона промежуточного давления двухступенчатых установок	2,0	1,6
Сторона низкого давления для установок с температурой окружающего (атмосферного) воздуха не более 32 °С	1,5	1,2
Сторона высокого давления для установок с водоохлаждаемыми и испарительными конденсаторами	2,0	1,6
Сторона высокого давления для установок с конденсаторами воздушного охлаждения	2,9	2,3
Сторона высокого давления для установок, эксплуатируемых в условиях умеренной и холодной зоны при обеспечении температуры конденсации не более 50 °С (за счет подбора оборудования)	2,5	2,0

ние при испытании должно контролироваться двумя манометрами, прошедшими поверку, опломбированными, одинакового класса точности (не ниже 1,5), диаметром не менее 160 мм и шкалой на максимальное давление, равное 4/3 от измеряемого давления. Один манометр устанавливают у воздушного компрессора после запорного вентиля, второй — на сосуде, аппарате или на трубопроводе, наиболее удаленном от воздушного компрессора. При совместной работе нового и ранее установленного оборудования (реконструкции), когда новое имеет более низкое рабочее давление, давление испытания принимают по меньшему значению.

Давление в сосудах, аппаратах и трубопроводах создается в зависимости от внутреннего объема установки воздушным компрессором или из баллонов. В крупных установках предусматривают специальные линии подвода сжатого воздуха и азота для испытания системы, в малых фреоновых установках принято испытывать фреоном, но в связи с ограничениями, связанными с экологическими проблемами, рекомендуется вместо фреона использовать

азот или воздух. Понятно, что при испытании торгового оборудования использовать большие азотные баллоны нерентабельно, при этом выбросы фреона незначительны, но на более крупных установках следует стремиться использовать воздух или инертные газы.

Небольшие воздушные компрессоры недороги и сдаются в аренду, на время испытаний 1–2 дня сумма за аренду ничтожна. Однако для фреоновых холодильных установок использовать для опрессовывания воздух, даже осушенный, нежелательно. Это связано с тем, что свойства ряда масел при контакте с воздухом ухудшаются, воздух для фреоновых установок следует использовать при уверенности в совместимости его с маслом. Распространенного среди холодильщиков, работающих с фреоном, способа вакуумирования установки и выдержки некоторого времени под вакуумом с контролем прироста давления без испытаний на плотность следует избегать. Безусловно, установка, вакуумированная и оставленная под вакуумом на некоторое время, будет в какой-то мере испытана на плотность, но арматура и уплотнения, а также сварные и паяные соединения, работающие под давлением, могут под вакуумом работать по-другому. Кроме того, воздух менее текуч и соединение, выдержавшее вакуум в течение длительного времени, даст течь после заправки фреоном. При вакуумировании перепад давления между атмосферным давлением и давлением в установке менее 1 бар по сравнению с испытанием воздухом или азотом, когда достаточно выдержать 12 ч при испытании на плотность. Время корректного испытания установки под вакуумом не менее 144 ч. Кроме этого, в вакуумированную установку попадает влага из воздуха сквозь течи и неплотности.

Давление в сосуде, аппарате, трубопроводе поднимают до пробного со скоростью не более 0,1 МПа в минуту; при достижении 30 и 60 % от пробного, а также при рабочем давлении необходимо прекратить повышение давления и провести наружный осмотр системы. Для аммиачных установок под пробным (на прочность) давлением сосуд, аппарат, трубопровод находится в течение не менее 5 мин, затем давление снижают до расчетного (на плотность) и осматривают систему. Плотность соединений проверяют мыльными растворами или течеискателями. При этом надо учесть, что при низких температурах мыльная пена не успевает пениться и замерзает на холодном металле. Для предотвращения замерзания в мыльный раствор добавля-

ют гликоль, тосол или спирт. Для того чтобы при пневматических испытаниях фреоновых установок на плотность воздухом или азотом использовать течеискатели, в систему необходимо добавить немного фреона.

Электронные течеискатели обладают высокой чувствительностью, поэтому в воздух или азот их можно добавлять в соотношении 1/100 по объему. Следует учесть, что азот при одной и той же температуре почти в три раза легче R22, через некоторое время азот скопится вверху установки, а фреон — внизу. Таким образом, в верхней части установки по прошествии некоторого времени будет невозможно обнаружить утечки, поэтому начинать поиск утечек необходимо с верхних частей установки. Течеискателем, настроенным на среднюю чувствительность, необходимо проверить все фланцевые, сварные, штуцерно-ниппельные, вальцованные соединения (рис. 3.1). Иногда течеискатель, особенно такой, который настроен на высокую чувствительность, реагирует на посторонние газы. Поэтому надо несколько раз проверить сомнительные места, так как сквозняк или ветер на открытой площадке мог принести посторонний газ, на который реагирует течеискатель, в то время как течи нет. Не следует использовать для фреоновых установок, которые работают на холодильных агентах, не содержащих хлор (R134A и R404A), галоидную лампу, так как она реагирует на хлор, не содержащийся в таких агентах. На крупных холодильных установках имеет смысл использовать флюоресцирующие добавки, вводимые в систему. Если подсвечивать места возможных утечек ультрафиолетовой лампой, то малейшие течи становятся видны.

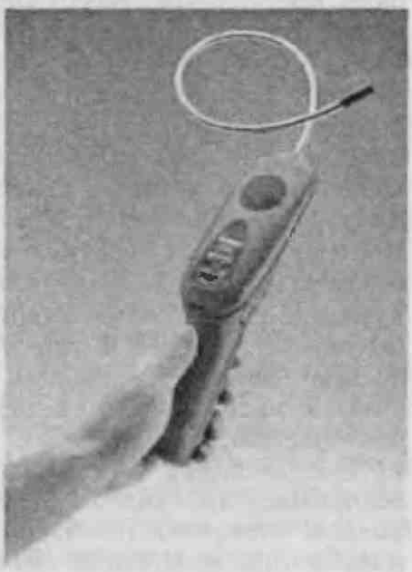


Рис. 3.1. Электронный течеискатель

Испытания на плотность сосудов, аппаратов и трубопроводов проводят раздельно для сторон низкого и высокого давлений. Температура внутри системы и наружного воздуха для окончательных испытаний в течение не менее

3 ч должна уравновеситься, и затем в течение не менее 12 ч проводят испытания на плотность. Изменение давления за это время не допускается, кроме вызванного естественным колебанием температуры окружающей среды. Результат испытаний считается положительным при отсутствии падения давления, видимых деформаций и разрывов. Результаты технического освидетельствования и разрешение на ввод в эксплуатацию для аммиачных сосудов, аппаратов и трубопроводов ответственным лицом вписывается в паспорт.

Кроме испытаний на прочность и плотность аммиачные трубопроводы совместно с оборудованием подвергаются дополнительным испытаниям на герметичность — после промывки и продувки системы. Давление испытания равно рабочему давлению, для вакуумных трубопроводов оно равно 0,1 МПа, продолжительность испытаний не менее 24 ч. Скорость падения при испытаниях не должна превышать 0,2 % в час.

После пневматических испытаний на плотность установку вакуумируют и оставляют под вакуумом в течение 18 ч при остаточном давлении 0,005 МПа. Давление необходимо фиксировать каждый час, повышение давления допускается до 50 % за первые 6 ч, остальное время давление должно быть постоянным. Вакуумировать установку холодильным компрессором нельзя, так как большинство современных компрессоров по конструктивным особенностям не предназначены для этого и могут быть повреждены. Для вакуумирования используют вакуумные насосы, присоединяемые шлангами к любому свободному ниппелю или специально выделенному для этих целей производителем оборудования штуцером, если это оговорено в документации (рис. 3.2). Контроль уровня вакуума производят по мановакуумметру; все манометры для холодильной техники имеют шкалу вакуума до минус 1 бар. Следует использовать мановакуумметры для всасывающей стороны — сектор вакуума на шкале больше, поэтому показания будут точнее. Еще предпочтительнее использовать электронные вакуумметры или мановакуумметры.

Для удаления из системы окалины и мелких частиц, оседающих впоследствии на фильтрах и забивающих проходные отверстия приборов КИПиА и арматуры, до пневматических испытаний системы производят продувку воздухом или азотом под давлением, равным рабочему. В течение не менее 10 мин систему продувают, открыв все про-

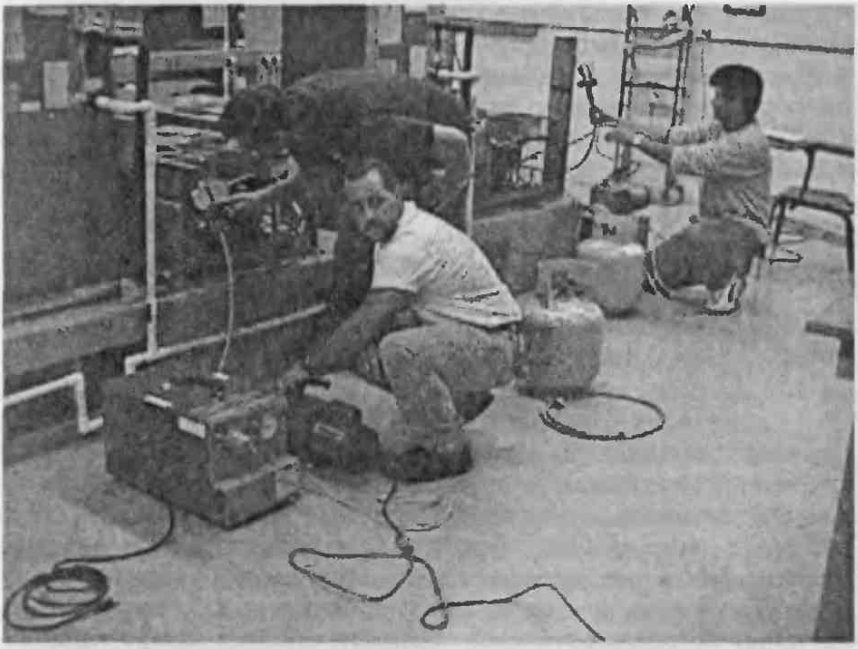


Рис. 3.2. Вакуумирование холодильной установки перед заправкой холодильным агентом

дувочные вентили, потом обязательно необходимо их прочистить, соленоидные вентили, нормально закрытые, открыть или снять, фильтры снять, заменив монтажными катушками. Техника безопасности аналогична испытаниям системы на плотность и прочность.

Трубопроводы хладоносителя и подающие трубопроводы оборотного водоснабжения должны подвергаться гидравлическим испытаниям на прочность и плотность. Испытания производят водой с температурой 5–40 °С. В зимнее время осуществляют меры против замерзания воды и надежное опорожнение трубопроводов после испытаний. Наиболее удобно испытывать систему, создавая необходимое давление (около 0,6 МПа) насосом и следя, чтобы его напор не превышал требуемого давления. Испытательное давление выдерживают 10 мин (испытание на прочность), затем снижают до рабочего и осматривают сварные швы (испытание на плотность). По окончании осмотра давление на 5 мин вновь повышают и вторично осматривают трубопроводы. Продолжительность испытаний определяется временем осмотра. При отсутствии видимых деформаций, течей

и разрывов испытание считается удовлетворительным. Одновременное гидравлическое испытание двух трубопроводов, лежащих на одной эстакаде, допускается, если это разрешено проектом. Открытые баки для воды и хладоносителя проверяют наполнением водой, сливные трубопроводы оборотного водоснабжения так же испытывают под налив.

3.2. ЗАПРАВКА СИСТЕМЫ ХОЛОДИЛЬНЫМ АГЕНТОМ, МАСЛОМ И ХЛАДОНОСИТЕЛЕМ

После испытаний на плотность и прочность, устранения всех течей установку вакуумируют, заправляют маслом, холодильным агентом, контур хладоносителя — хладоносителем и систему оборотной воды — водой. При работе с небольшими фреоновыми установками следует учесть, что компрессоры поступают заправленными маслом. Даже если в смотровом глазке не видно уровня масла, следует проверить его, отвинтив пробку внизу картера (в случае герметичных компрессоров без глазков по наличию плеска). Случается на заводах перезаправляют компрессор выше глазка и уровня не видно. Крупные агрегаты приходят без заправки маслом, перед заполнением системы холодильным агентом следует заправить их маслом. Для этого к штуцеру в картере или маслоохладителе присоединяют шланг, второй конец которого опускают в бочку или в канистру. Масло поступает в вакуумированный агрегат, важно не допустить попадания воздуха в систему, для этого надо контролировать уровень масла в заправочной емкости и перекрыть вентиль или ниппель, когда масло в емкости закончится. Обычно заправляют компрессор до 3/4 смотрового глазка либо до риски, нанесенной на стекле; там обычно показаны положения минимальной и максимальной заправки, нормальная заправка находится между ними. Уровень при работе установки может сильно колебаться, на некоторых компрессорах конструкция масляного насоса, когда нагнетательная трубка направлена прямо в стекло, не позволяет контролировать уровень масла во время работы, поэтому его следует проверять в период остановки. Большие агрегаты целесообразно заправлять через специально предусмотренный в схеме холодильной установки масляный насос, часто в холодильных ус-

тановках предусматриваются целые маслозаправочные станции, оборудованные насосами, манометрами, датчиками уровня и арматурой. Следует знать, что холодильные масла должны находиться на открытом воздухе не более 10 мин, иначе они успевают набрать влаги из воздуха, которая, возможно, не будет поглощена фильтром-осушителем и замерзнет в дросселирующем органе. Надо учитывать, что масла различных фирм, имеют различные антикислотные и противоизносные добавки, поэтому масла, даже одинаковые по свойствам, нельзя смешивать. Синтетические масла, загрязненные минеральным маслом, теряют смешиваемость с фреоном, поэтому даже манометры, не говоря о заправочных шлангах и емкостях для масла, необходимо иметь под каждый тип масла и хладагента.

В зависимости от емкости установки, заправку холодильным агентом производят из цистерн или баллонов. Для этого в системе предусматриваются заправочный коллектор, специальный вентиль или ниппель (рис. 3.3). Заправку производят в линейный ресивер, жидкостной ресивер или в конденсатор. Следует учесть, что чиллеры, сплит-системы и моноблоки обычно имеют заводскую заправку

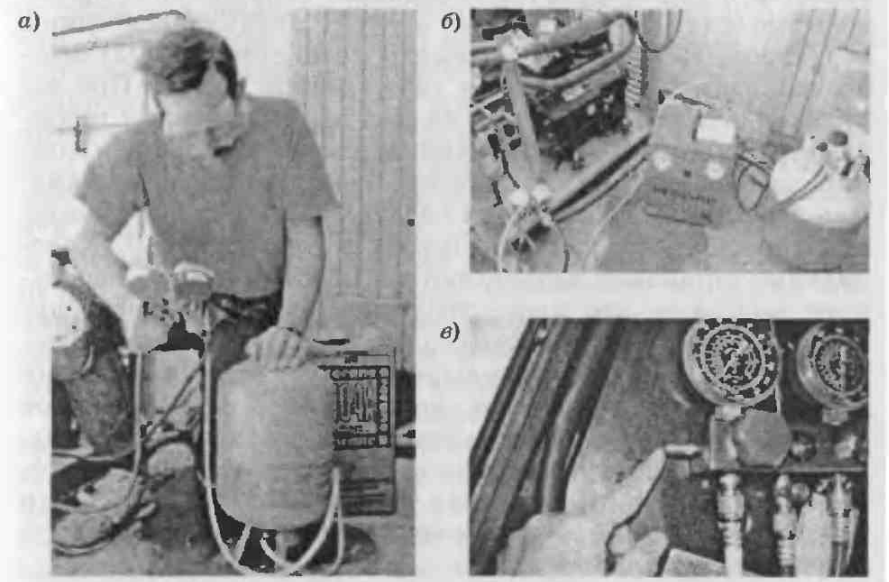


Рис. 3.3. Заправка холодильной установки: *а* — заправка R404a; баллон перевернут, заправка идет жидким хладагентом; *б* — заправка по пару; *в* — заправочный коллектор

маслом и холодильным агентом. Для того чтобы проверить заправку, следует присоединить к ниппелю манометр и, учитывая температуру окружающего воздуха, проверить давление в системе. Установка находится при температуре окружающего воздуха, поэтому холодильный агент внутри находится при температуре окружающего воздуха. Температурная шкала соответствующего хладагента на манометре должна показать температуру окружающего воздуха. Если температуры, а следовательно, давления отличаются, то машина либо не заправлена, либо заправлена инертным газом.

Перед заправкой надо проверить, все ли манометры и приборы автоматизации на месте, сняты ли заглушки на нагнетании и всасывании компрессора, так как все это грозит потерей холодильного агента. Смесевые неазеатропные и псевдоазеатропные холодильные агенты (R404A) заправлять можно лишь по жидкой фазе, баллон подключают к жидкостному ресиверу и установку заправляют жидким холодильным агентом. В противном случае более легко кипящий компонент попадет в систему в большей мере, смесь в установке будет иметь отличные от холодильного агента свойства и не обеспечит необходимых температур и производительности. Холодильные агенты, являющиеся одним веществом (R134A, R22), и азеатропные смеси (R502) можно заправлять по жидкой и газообразной фазам. При заправке по газообразной фазе баллон присоединяют к всасывающей линии работающей холодильной установки, и компрессор отсасывает из баллона пары агента в систему. Для ускорения заправки не следует греть баллон факельной горелкой или ставить баллон в горячую воду. Холодильные установки заправляют по массе, для чего используют весы или, что менее предпочтительно, зарядные цилиндры (рис. 3.4). В документации по оборудованию должна быть указана масса заправки. В случае отсутствия таких данных следует просчитать внутренний объем аппаратов в кубических метрах, умножить его на плотность холодильного агента в килограммах на кубических метр и получить массу заправки в килограммах. При кажущейся сложности такого расчета он прост и поможет впоследствии избежать дозаправки или слива агента.

Для заправки из баллона, на резьбовой штуцер навинчивают заправочный шланг, второй конец шланга присоединяют к системе, но гайку до конца не завинчивают и

ставят баллон на весы. Перед заправкой необходимо продуть шланг от воздуха, для чего открывают на баллоне вентиль, и воздух выдавливается холодильным агентом из шланга, после чего гайку завинчивают. Заправочные вентили или ниппели на холодильной установке открывают, и по шлангу холодильный агент перетекает из баллона в систему, по весам контролируют массу заправленного агента. Более грамотно использовать не просто шланг, а заправочный коллектор и заправочные весы, при этом баллон шлангом присоединяют к штуцеру заправочных весов, вторым от весов — к среднему штуцеру коллектора, третьим шлангом — к системе. Заправка превращается таким образом в строго контролируемую процедуру, не допускающую случайностей. На пульте весов вводят необходимую массу заправки. Соленоид внутри весов открывается и агент подается на коллектор. Открыв вентиль на коллекторе, соединяют баллон с системой и производят заправку, контролируя давление по манометру. Соленоид в весах автоматически закроется, когда масса заправленного агента будет равна заданной. Вместо весов используют зарядный цилиндр, но там заправку производят по объему, на прозрачном цилиндре нанесены отметки для различных холодильных агентов, как на мерном стакане.

Рис. 3.4. Оборудование, готовое к заправке холодильной установки по массе

На крупных фреоновых системах следует предусмотреть варианты заправки из различных баллонов и бочек, для этого необходимо впаять в систему несколько ниппелей для баллонов на 13,7 кг с отсекающими вентилями, так как в случае течи в ниппеле вся система разгерметизируется. Кроме ниппелей, впаяв медную трубку диаметром $Д_у = 6$ мм и запорный вентиль, следует предусмотреть штуцерно-ниппельное соединение 3/4″ для присоединения крупных баллонов и бочек.

Аммиак в систему заправляют по специально спроектированному коллектору, обязательно оборудованному обратным клапаном, манометром, запорной арматурой и вынесенному на улицу (рис. 3.5). Заправку производят по жидкой фазе. Должна быть предусмотрена возможность дозаправки системы из баллонов, поэтому на коллекторе располагают не только фланцы для присоединения к цистерне (обычно диаметром $Д_у$ = 50 мм), но и вентили со штуцерно-ниппельным соединением 3/4″ для присоединения баллонов.

Так как аммиак взрывоопасен, заправка оформляется актом, где отражают готовность общеобменной и аварийной вентиляции, наличие обученного персонала и СИЗ, проектной, технологической документации и плана локализации аварии. Заправку из железнодорожных цистерн производят по гибкой стыковке при помощи консольного участка стальной трубы длиной 5–7 м, изогнутой в виде колена, или змеевика, гибких металлических или неметаллических рукавов, шарнирных поворотных соединений, из автомобильных цистерн — по съемному трубопроводу автомашины-заправщика. Подвижность соединения объясняется тем, что цистерна по мере опорожнения будет под-

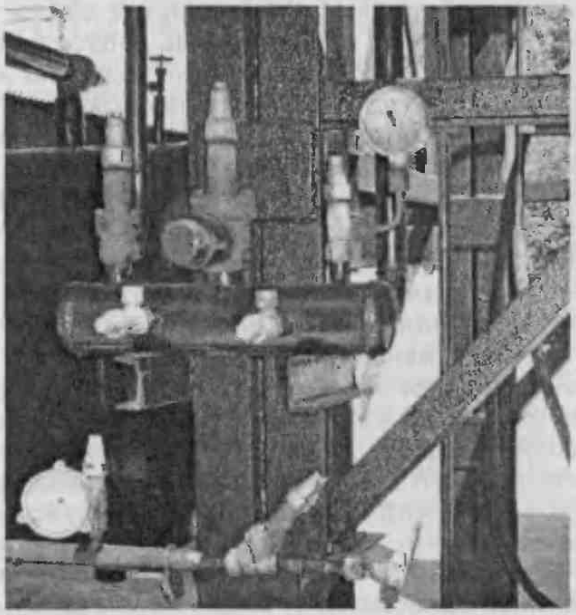


Рис. 3.5. Заправочный коллектор на аммиачной холодильной установке

ниматься на амортизаторах. Остаточное давление в цистерне должно оставаться после опорожнения не менее 0,05 МПа, при утечках нельзя устранять их до тех пор, пока давление в емкости не снизится до атмосферного.

Платформу для доступа к заправочной арматуре выполняют несгораемой, удобной для работ и эвакуации. За цистернами на территории предприятия организуется круглосуточное наблюдение. Цистерны при приемке осматривают на наличие пломб, исправность арматуры. Локомотив при заправке отгоняют от цистерны не менее чем на 3 м. Колеса цистерн как автомобильных, так и железнодорожных подклинивают башмаками. Цистерну заземляют и подключают к блокировке сдвига цистерны. Перед заправкой необходимо опорожнить приямки, предназначенные для возможных проливов аммиака, исключить доступ посторонних и транспорта к месту заправки, подготовить средства локализации. Огневые работы и курение при заправке запрещаются, при возникновении пожара вблизи цистерны ее отводят на безопасное расстояние и поливают водой до ликвидации опасности. При присоединении и отсоединении цистерны персонал должен находиться в СИЗ органов дыхания и кожи.

Заправку аммиаком производят в вакуумированные емкости, после заправки цистерну пломбируют и сдают представителю железной дороги или сопровождающему автоцистерну; им выдается справка о количестве аммиака в цистерне. Вентили заправочного коллектора после заправки закрывают, пломбируют, и всю приемную часть закрывают на ключ. Все операции по заправке производят под руководством инженерно-технического работника.

Объем заполнения аппаратов холодильной техники не должен превышать следующих значений (в процентах):

Испарители:	
кожухотрубные	80
змеевиковые и панельные	50
пластинчатые	20
Батареи и охлаждающие рубашки танков ЦКТ:	
с верхней подачей	30
с нижней подачей	70
Воздухоохладители:	
с верхней подачей	50
с нижней подачей	70
Конденсаторы:	
кожухотрубные с ресиверной частью обечайки	100
с ресиверной частью обечайки, других типов	80

Ресиверы:

линейные	50
циркуляционные вертикальные и горизонтальные со стояками	15
циркуляционные вертикальные и горизонтальные без стояков	30
защитные	–
дренажные	–
переохладители жидкого холодильного агента	100
промежуточные сосуды в установках двухступенчатого сжатия:	
вертикальные	30
горизонтальные	50
маслоотделители барботажного типа	30
трубопроводы жидкого холодильного агента	100
морозильные и плиточные аппараты непосредственного охлаждения	80
трубопроводы совмещенного отсоса паров и слива жидкого холодильного агента	30

Следует выполнять все инструкции заводов-изготовителей по заправке и опорожнению оборудования.

При заправке холодильным агентом удобно пользоваться линейкой, переводящей давление в температуру (рис. 3.6). На манометрах зачастую не бывает температурной шкалы, поэтому линейка помогает быстро перевести давление в температуру. Кроме того, она очень компактна, имеет различные шкалы давлений (bar, psia, in Hg), температуры (°C, °F), выполнена для различных холодильных аген-

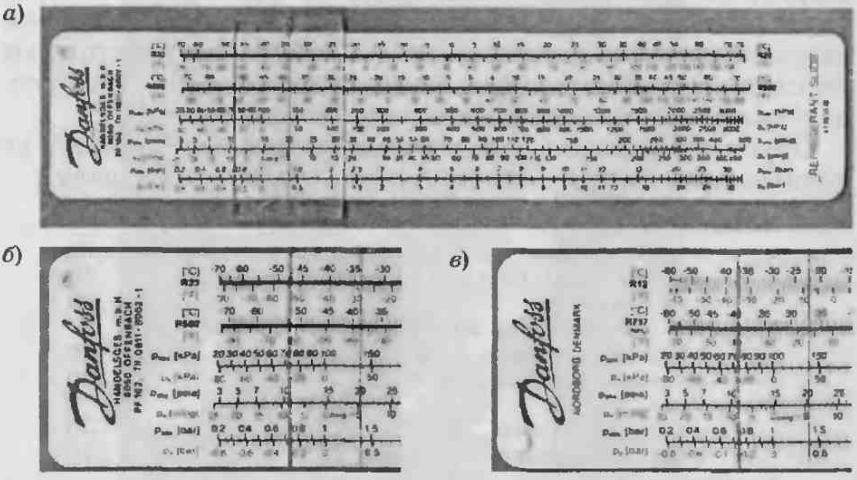


Рис. 3.6. Холодильная линейка «Danfoss»: *а* — общий вид; *б* — фрагмент лицевой стороны; *в* — фрагмент оборотной стороны

тов, в том числе аммиака. Случается, что холодильная техника, пришедшая из Испании, США, Италии и Азии, имеет обозначения давления, psia, и температуры, °F, при помощи линейки их можно перевести в метрическую систему. Гораздо труднее перевести заправку холодильным агентом, указанную в баррелях, галлонах и пинтах, кубических дюймах, футах и ярдах, а также мощность, указанную в лошадиных силах. Для этого необходимы специальные переводные таблицы.

Заправку систем хладоносителем производят через специально предназначенные для этого в схеме штуцеры или в бак хладоносителя. В крупных установках предусматривают специальные станции по приготовлению хладоносителя, специальные баки объемом до 5 $м^3$, оборудованные стационарными насосами для перекачивания хладоносителя в систему. Такую станцию очень удобно иметь, однако она занимает много места, а используется один-два раза за 10 лет. По опыту заправки систем ледового поля катка объемом по 40%-ному водному раствору этиленгликоля 12 $м^3$ три человека без дополнительной механизации, используя обычную 220-литровую бочку для разведения раствора и небольшой насос, за 3 ч наполняют поле. Поэтому приходящий в бочках гликоль следует наливать в нужной пропорции, принятой в проекте или в технической документации на оборудование, во временную чистую емкость (бочку, бак; продаются специальные пластиковые бочки с мешалками). На бочку навинчивают специальный ручной бочковой насос (например «Biltema») или используют обычный бытовой насос типа «Малыш», который применяют для добавки в емкость чистой воды, хорошо размешивают и тем же насосом по шлангам заправляют в систему. В случае, если в гликоль не были внесены ингибиторы коррозии, следует их при разведении влить в нужной пропорции, указанной поставщиком гликоля. Есть несколько особенностей при разведении гликолей: нельзя закачивать в систему гликоль, а потом воду в надежде, что маршевыми насосами в системе он перемешается, гликоль может пробками ходить по системе и вода замерзнет в теплообменнике; пропиленгликоль в чистом виде горюч, поэтому следует предусмотреть меры по защите площадки от проливов, не допускать вблизи открытого пламени и курения, приготовить средства пожаротушения, желательно заниматься разведением пропиленгликоля на улице, в растворе с водой, он перестает гореть; необходимо отметить, что

концентрация гликоля в растворе более 60 % не имеет смысла.

Использования $CaCl_2$ и других солей следует избегать для новых установок. При кажущейся дешевизне проблемы коррозии, засорения фильтров при эксплуатации, работы с разъедающим кожу рассолом перевешивают все достоинства. Соль поставляют в мешках; она содержит песок, мелкие камни, поэтому раствору надо дать отстояться. Отбор из бака разведения не следует делать из нижней точки. Насос для заполнения требуется обеспечить фильтром на всасывании, так как среда агрессивная, бытовые насосы применяться не могут, они имеют нестойкие к соли прокладки. Редко, в основном на пищевых предприятиях, используют водные растворы глицерина, различных спиртов, иногда смесь разных растворов; их можно готовить по схеме разведения гликолей.

Водой контур оборотного водоснабжения заполняют из горводопровода по подпиточной трубе. Часто на подпиточном трубопроводе устанавливают системы водоподготовки, обрабатывающие воду для снижения жесткости или умягчения. Системы водоподготовки бывают электромагнитные, химические или обратного осмоса. В случае, если на предприятии предусмотрена обработка воды, следует использовать такую воду, что снизит или предотвратит отложение водяного камня на теплообменных поверхностях кожухотрубных и испарительных конденсаторов, маслоохладителей и градирен. При использовании необработанной воды в течение 3 лет можно лишиться маслоохладителя на компрессорном агрегате. При заполнении в зимнее время системы оборотного водоснабжения обогреватели поддонов конденсаторов и градирен, встроенных в испарительные конденсаторы насосов, необходимо включить заранее.

3.3. ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ И СИГНАЛЬНЫХ КАБЕЛЕЙ

После подключения силовых и сигнальных кабелей следует проверить правильность их подключения. Для этого применяют тестер с функцией прозвонки. Один из монтажников ставит в щите временную перемычку, второй находится у агрегата или прибора (рис. 3.7). Тестером проверяют, замкнуты кабели или нет, так как при монта-

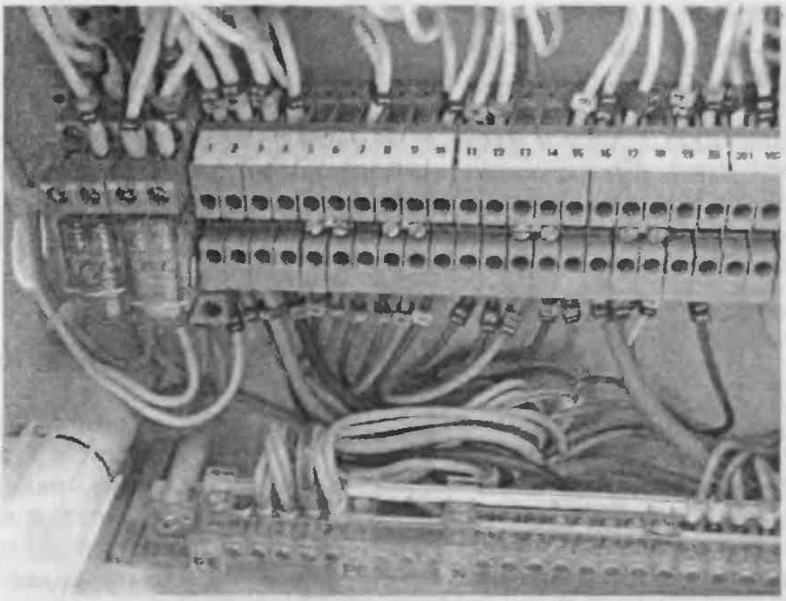


Рис. 3.7. Клеммные колодки щита, подлежащие проверке перед пуском

же кабели могли перепутаться и быть включены не в те клеммные колодки либо иметь разрыв. В случае, если кабели подключены от соответствующего агрегата или прибора в нужные клеммы, временную перемычку снимают и переходят к следующим кабелям. Так необходимо проверить все кабели — занятие долгое и кропотливое, но это поможет избежать потери дорогостоящего оборудования в самом конце монтажа.

После проверки правильности подключения, проверяют правильность направления вращения валов трехфазных электродвигателей агрегатов. У крупных компрессорных агрегатов в щитах предусмотрены защиты от неправильного направления вращения, но на этом этапе муфты компрессора и электродвигателя разъединены, электродвигатель запускают отдельно. В документации изготовителя оборудования всегда указано правильное направление вращения электродвигателя, в случае, если при пробном запуске двигатель крутится в обратную сторону, следует перекинуть фазы в щите или в клеммной коробке электродвигателя, обычно это проще сделать в щите. Направление вращения важно для винтовых и спиральных компрессоров, для поршневых компрессоров направление

вращения не имеет значения. Направление вращения вентиляторов легко определяется при кратковременном пуске, для определения направления вращения электродвигателя герметичного насоса необходимо снять пластиковую защитную муфту в месте стыковки вала насоса и электродвигателя. Кратковременный пуск без среды не повредит центробежному насосу, подав напряжение по вращению вала определяют, крутится ли двигатель в направлении, указанном производителем насоса.

3.4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОРОВ

В небольшом параграфе невозможно описать все многообразие применяемых в холодильной технике процессоров и систем многокомпрессорного управления, различных у каждой фирмы-производителя. К процессорам и системам управления всегда есть подробные описания по программированию, представители производителя проводят семинары по обучению пользованию их оборудованием. Поэтому для примера в этом параграфе приводятся описание блока управления средне- и низкотемпературными холодильными машинами с автоматической разморозкой ТРМ974-Щ фирмы «Овен» и обобщенное описание микропроцессорного щита управления компрессорным агрегатом.

ТРМ974-Щ наиболее простой из контроллеров, производимых в России для холодильной техники, широко распространен в торговом оборудовании (рис. 3.8). Блок управления может поддерживать температуру в камере (термостатировать), замораживать продукцию, управлять оттаиванием (ТЭНом или соленоидом подачи горячих паров), осуществлять окончание оттаивания по времени и (или) по температуре ребра воздухоохладителя, защиту компрессора и защиту настроек паролем от несанкционированного доступа. Питание прибора 220 В через встроенный трансформатор, погрешность измерения температуры 1 °С, диапазон регулирования от −50 до +50 °С, крепится в щите.

Рис. 3.8. Внешний вид контроллера ТРМ974 «Овен»

В табл. 3.2 представлены элементы индикации и управления контроллером.

Задавая параметр контрольной точки SP (темпера-

Таблица 3.2

Элементы индикации и управления контроллером

Обозначение элемента	Характеристика элемента
	3-разрядный цифровой индикатор в режиме «термостат» используют для вывода измеренного значения температуры и диагностических сообщений. В режиме «программирование» показывает программируемый параметр или его значение
	Светодиод постоянной засветкой сигнализирует о включении компрессора, мигающей — о включении задержки запуска компрессора
	Светодиод сигнализирует постоянной засветкой о включении вентилятора, мигающей — о задержке включения вентиляторов после оттаивания
	Светодиод сигнализирует постоянной засветкой о включении оттаивания, мигающей — о включении слива конденсата
	Кнопка в режиме «термостат» предназначена для вывода на индикатор значения текущей температуры 2-го датчика, в режиме «программирование» — для выбора программируемого параметра или увеличения его значения
	Кнопка предназначена для перехода из режима «термостат» в режим «набор холода», в режиме «программирование» — для выбора программируемого параметра или уменьшения его значения
	В режиме «термостат» нажатие и удержание кнопки в течение 6 с включает или выключает оттаивание
SET	В режиме «термостат»: кратковременное нажатие кнопки — редактирование значения SP, длительное нажатие (более 5 с) — вход в режим «программирование», в котором выводятся значения выбранного параметра или записываются измененные значения в память

туру в камере) и дифференциал diF, определяют температурный режим в камере. Когда температура в камере превышает заданную плюс дифференциал (SP+diF), то с задержкой включается компрессор и работает до тех пор, пока не наберет нужную температуру в камере, затем отключится по сигналу температурного датчика в холодильной камере. Задержка, задаваемая параметром CdP (от 0 до 30 мин), необходима для защиты электродвигателя компрессора от повторного запуска, так как при слишком частых включениях-выключениях обмотки перегорают.

На случай выхода из строя термодатчика предусмотрена автономная работа компрессора без датчика по параметру COn (задаваемому времени от 0 до 120 мин) и автономная стоянка по параметру COF (от 0 до 120 мин), при этом на дисплей выводится сообщение об аварии Er 1. Вентиляторы могут по параметру FnC = 0 включаться и выключаться вместе с компрессором, могут по FnC = 1 работать непрерывно, при выходе из строя термодатчика в ребре воздухоохладителя на дисплей выводится сообщение об аварии Er 1. Оттаивание задается параметрами: tdF = 0 — оттаивание ведется ТЭНом; tdF = 1 — подается сигнал на открытие соленоидного вентиля подачи горячих паров. Окончание оттаивания задается по времени параметром EdF = 0, по температуре ребра воздухоохладителя EdF = 1 и по времени-температуре ребра, в зависимости какая температура будет быстрее достигнута EdF = 2. Параметр dCt определяет время между оттаиванием. Режим замораживания теплого продукта в камере задается параметрами CCt (время замораживания) и dAF (время до первого оттаивания по истечении времени замораживания).

Процессоры, управляющие компрессорами постоянно отслеживают показания работы системы: температуру и давление нагнетания, температуру и давление всасывания, перепад давления на масляном насосе, температуру масла, положение разгрузочного поршня, работу экономайзера, температуру обмоток электродвигателя, задержку по времени на повторный пуск, перекос и выпадение фаз, ток. Микропроцессорный щит управления компрессорным агрегатом является настоящим промышленным компьютером, имеющим, как правило, порт для связи с PC, с возможностью удаленного доступа через модем (рис. 3.9). Все системы имеют возможность вывода на принтер сводных протоколов работы агрегата в виде таблиц и графиков. Оснащаются специальной клавиатурой, на дис-

Рис. 3.9. Программирование щита компрессорного агрегата «Mycom»

плее постоянно высвечиваются параметры работы установки, контролируемые микропроцессором (обычно давления нагнетания, всасывания, масла и температура масла), и сообщения о неполадках. Обычно оснащаются кнопкой экстренного отключения для предотвращения возможной аварии.

3.5. ЦЕНТРОВКА МУФТ

Первичная центровка муфты производится на заводе, но при транспортировке и монтаже она сбивается, поэтому требуется проводить начальную центровку осей (втулка муфты должна быть смонтирована) до запуска холодильной установки с последующей проверкой после нескольких часов работы (рис. 3.10). Окончательная (горячая) центровка выполняется только после выхода установки на требуемый температурный режим, когда все ее части находятся при рабочей температуре, стабильность горячей центровки проверяют в течение недели. Лишь затем крепежные болты основания электродвигателя затягивают до конца и фиксируют штифтами.

Центровка основания электродвигателя проводится при помощи четырех юстировочных опор (рис. 3.11), две для вертикальной юстировки, две — для горизонтальной. Подача для таких опор обычно составляет при вертикальной центровке 1,5 мм/об; при горизонтальной — 2 мм/об. Для проверки углового смещения осей, фактически допуска пересечения осей (обозначается X), выполняют следующие операции.

1. Затягивают крепежные болты основания электродвигателя.

2. Закрепляют индикатор на половине втулки вала электродвигателя, датчик при этом развернут к электродвигателю и касается торца половины втулки вала компрессора.

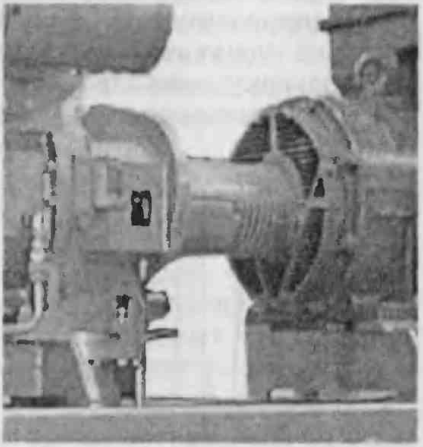


Рис. 3.10. Соединительная муфта компрессорного агрегата

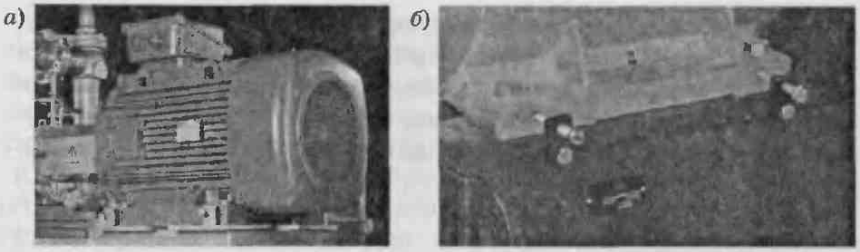


Рис. 3.11. Электродвигатель: *а* — общий вид; *б* — лапы, крепежные болты, юстировочные опоры

3. Проверяют контакт датчика индикатора с половиной втулки вала компрессора при вращении.

4. Регистрируют показания индикатора в положениях, соответствующих в часах 12:00, 6:00, 3:00, 9:00.

5. При превышении допуска пересечения осей 0,1 мм ослабляют болты основания электродвигателя и производят центровку в положениях, соответствующих 12:00, 6:00, используя юстировочные опоры передних и задних лап. Другими словами, индикатор в положениях 12:00 и 6:00 показывает, что вал электродвигателя «задран» вверх или «опущен» вниз, соответственно, приподнимая задние или передние лапы электродвигателя, вал выравнивается. Проверочные измерения производят при затянутых крепежных болтах.

6. Затем вновь ослабляют болты и производят юстировку в положениях, соответствующих 3:00 и 9:00, т. е. двигают при помощи винтов электродвигатель, пока оси валов электродвигателя и компрессора не перестанут располагаться под углом друг к другу (рис. 3.12, *а*).

Проверку параллельного смещения осей или допуска соосности выполняют в следующей последовательности.

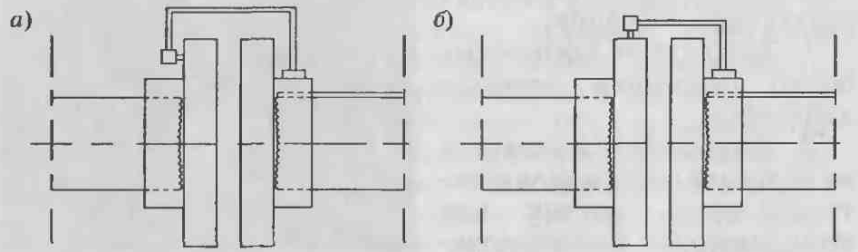


Рис. 3.12. Центровка муфты, справа компрессор, слева электродвигатель: *а* — проверка индикатором углового смещения осей; *б* — проверка индикатором параллельного смещения осей

1. Индикатор остается на половине втулки вала электродвигателя, датчик индикатора устанавливается так, чтобы он контактировал с наружной половиной втулки вала компрессора.

2. Проверяют контакт датчика индикатора с половиной втулки вала компрессора при вращении. Крепежные болты затянуты.

3. Регистрируют показания индикатора в положениях, соответствующих в часах 12:00, 6:00, 3:00, 9:00. Разность показаний индикатора в положениях 12:00, 6:00 и 3:00, 9:00 есть удвоенное значение смещения осей относительно друг друга.

4. Смещение не должно быть более 0,1 мм, при превышении ослабляют болты и перемещением электродвигателя вверх и вниз одновременно четырьмя юстировочными приспособлениями добиваются соосности в вертикальной плоскости.

5. Осуществляют центровку в горизонтальной плоскости (рис. 3.12, *б*).

После этого проверяют угловое смещение еще раз и при необходимости производят центровку заново, затем фиксируют все отклонения, это понадобится при горячей центровке. Проверяют направление вращения вала электродвигателя: если смотреть на электродвигатель, то вал вращается по часовой стрелке (в большинстве винтовых компрессорных агрегатов это так, но необходимо уточнить по инструкциям завода-изготовителя). Особое внимание обращают на соблюдение требуемого расстояния между половинками муфты при ее повторном монтаже (параметры приведены в инструкции завода-изготовителя).

Горячая центровка проводится после пуска компрессора и выхода его на режим, тогда компрессор останавливают, и выполняются следующие операции.

1. Снимают предохранительное устройство муфты и быстро устанавливают индикатор на муфте.

2. Снимают показания по пересечению осей и соосности. Если они находятся в допустимых пределах, устанавливают предохранительное устройство муфты и запускают компрессор, если превышают, то сравнивают показания в холодном и горячем состоянии и проводят настройку.

3. Отрегулированный в горячем состоянии компрессорный агрегат вновь выводят на режим, останавливают и проверяют центровку. Если показания по пересечению осей и соосности превышают допустимые пределы, цент-

ровку повторяют до тех пор, пока агрегат не будет отцентрирован в горячих условиях.

Консольные насосы, имеющие муфты, центруют упрощенным методом. Они не имеют юстировочных опор, поэтому щупом или линейкой измеряют расстояние между полумуфтами и подкладками под лапы насоса или электродвигателя производят центровку.

3.6. НАСТРОЙКА ПРИБОРОВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Настройка требуется для реле давления, дифференциальных реле давления, терморегулирующих вентилей.

Реле давления настраивают регулировочным винтом, расположенным сверху. Регулировочные винты зафиксированы в определенном положении пластинкой, перед настройкой ее необходимо снять. Контролировать настройку можно по полозку со шкалой давления, расположенному на лицевой стороне прибора. Не следует задавать слишком малый дифференциал на реле давления, так как в противном случае холодильная установка, управляемая по давлению, или вентилятор будут слишком часто включаться и выключаться. Увеличение уставки и дифференциала у реле давления, как правило, происходит выкручиванием регулировочного винта против часовой стрелки, уменьшение — вкручиванием по часовой стрелке (рис. 3.13).

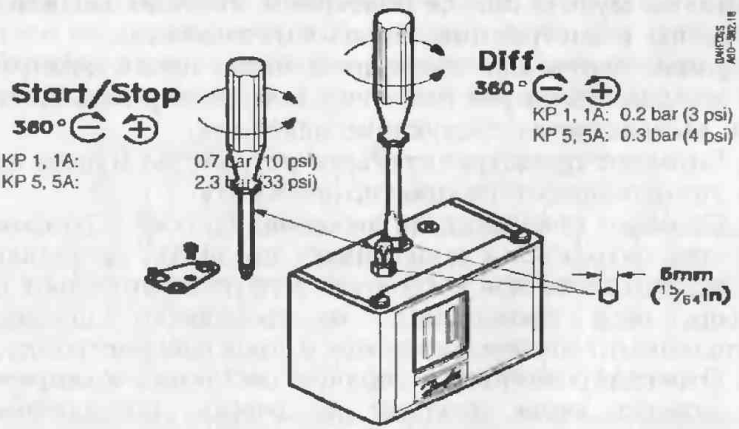


Рис. 3.13. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по настройке реле давления марок КР 1 и КР 5

Сдвоенные реле давления также имеют регулировочные винты на верхней части: один для стороны низкого давления и один для стороны высокого давления. Соответственно на лицевой стороне расположены две шкалы давления и шкала дифференциала. Винт стороны низкого давления зафиксирован пластинкой. Увеличение уставки у сдвоенных реле давления, как правило, происходит вкручиванием регулировочного винта по часовой стрелке, уменьшение — выкручиванием против часовой стрелки. Увеличение дифференциала у реле давления, как правило, происходит выкручиванием регулировочного винта против часовой стрелки, уменьшение — вкручиванием по часовой стрелке (рис. 3.14).

Ряд дифференциальных реле давления, используемых для воды и воздуха, уже имеют заводскую настройку и не могут регулироваться. Такие дифференциальные реле давления обычно поступают уже смонтированными на агрегатах. Дифференциальные реле давления для масла или реле контроля смазки поставляют нерегулируемыми (MP 54) и регулируемыми (MP 55). Регулировочный винт в таких реле находится внутри, для доступа к нему необходимо снять крышку. На лицевой стороне расположена шкала. Увеличение дифференциала у реле давления, как правило, происходит вкручиванием регулировочного винта по часовой стрелке, уменьшение — выкручиванием против часовой стрелки (рис. 3.15).

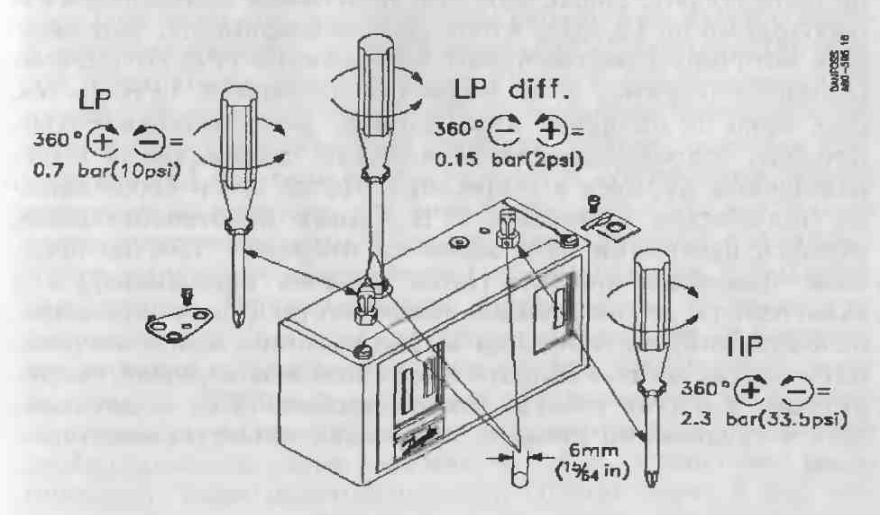


Рис. 3.14. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по настройке реле давления марки КР 15

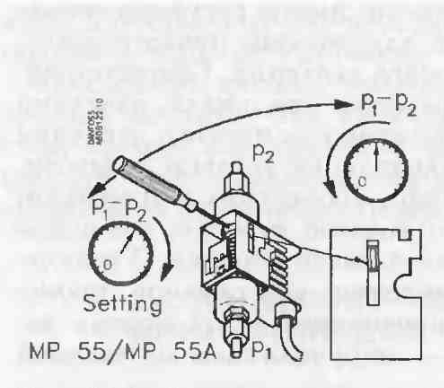


Рис. 3.15. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по настройке дифференциального реле давления марки MP 55

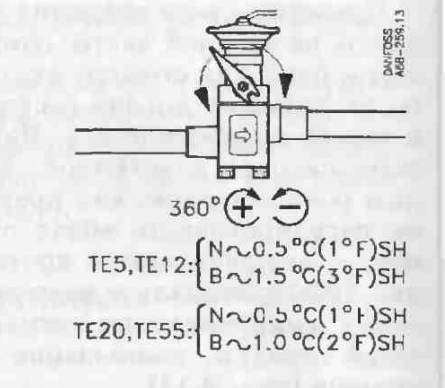


Рис. 3.16. Фрагмент инструкции фирмы «Danfoss» по настройке ТРВ марок ТЕ

Настройка ТРВ осуществляется при помощи специального ключа для ТРВ, которым вращается настроечный шток (рис. 3.16). Отечественные ТРВ настраиваются снизу, ТРВ зарубежного производства имеют шток, как правило, сбоку. Вращением по часовой стрелке с каждым оборотом ТРВ настраивается от 0,5 до 1,5 К в сторону уменьшения температуры, против часовой стрелки — в сторону увеличения. Не рекомендуется вращать шток больше, чем на один оборот. После каждого изменения настройки ТРВ необходимо до 15 мин, чтобы режим изменился. Зарубежные источники рекомендуют настраивать ТРВ по пульсирующему режиму, т. е. медленно открывать ТРВ до тех пор, пока не начнутся пульсации во всасывающем трубопроводе, сопровождающиеся легкими гидроударами и охлаждением корпуса компрессора. После этого необходимо на пол-оборота прикрыть ТРВ. Одним из отечественных методов настройки ТРВ является открытие ТРВ на среднюю производительность (шток ввинчен наполовину) и в зависимости от полученной температуры (ниже или выше необходимой) постепенным вывинчиванием или ввинчиванием штока по пол-оборота настройка необходимой температуры. Следует учесть, что настройка ТРВ — длительный и трудоемкий процесс, длящийся зачастую несколько дней.

Обозначения на принципиальных схемах запорно-регулирующей арматуры и средств автоматизации, принятые в зарубежной и отечественной документации

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
	–3–	Шаровый запорный вентиль с пневматическим приводом (нормально открытый)
	–3–	Шаровый запорный вентиль с пневматическим приводом (нормально закрытый)
		Регулирующий вентиль с маховиком (нормально открытый)
		Регулирующий вентиль с маховиком (нормально закрытый)
	–3–	Дисковый затвор с пневматическим приводом (нормально закрытый)
	–3–	Дисковый затвор с пневматическим приводом (нормально открытый)
		Мембранный запорный вентиль (нормально открытый)
		Мембранный запорный вентиль (нормально закрытый)
		Запорный вентиль (нормально открытый)
		Запорный вентиль (нормально закрытый)
		Шаровый запорный вентиль (нормально открытый)
		Шаровый запорный вентиль (нормально закрытый)
		Угловой запорный вентиль с маховиком (нормально открытый)
		Угловой запорный вентиль с маховиком (нормально закрытый)

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
		Угловой регулирующий вентиль (нормально открытый)
		Угловой регулирующий вентиль (нормально закрытый)
		Трехходовой вентиль (нормально открытый)
		Трехходовой вентиль (нормально закрытый)
		Угловой запорный вентиль (нормально открытый)
		Угловой запорный вентиль (нормально закрытый)
		Клапан (вентиль) соленоидный (нормально открытый)
		Клапан (вентиль) соленоидный (нормально закрытый)
		Трехходовой шаровый вентиль
		Трехходовой регулирующий вентиль
	3	Четырехходовой шаровый вентиль с пневматическим приводом
		Диафраграма
		Клапан обратный прямоточный (точка — вход)
		Клапан обратный угловой (точка — вход)
	—	Клапан редукционный (короткая сторона — вход)

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
TC	TDC TE	Терморасширительный вентиль с внешним выравниванием
	TDC TE	Терморасширительный вентиль без внешнего выравнивания
	FI	Смотровое стекло
	FI	Смотровое стекло с индикатором (протока, влажности)
	S=32	Тепловая изоляция (S — толщина изоляции, мм)
		Направление потока пара
		Направление потока жидкости
		Направление потока парожидкостной смеси
		Реверсивный поток пара
		Ресиверный поток жидкости
a b		Границы проектирования (a — Заказчик, b — исполнитель)
1%	i = 0,01	Уклон вправо
1%	i = 0,01	Уклон влево
	—	Редуктор
		Поплавковый регулятор уровня, давления
		Фланцы

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
		Фланцевое соединение
	—	Сварной стык
	—	Резьбовое соединение
	—	Паяное соединение
	—	Муфта
		Вибровставка
		Воронка
		Фильтр-грязевик
		Колено
	—	Конденсационный горшок
		Форсунка
		Клапан предохранительный
	—	Быстрозакрывающийся вентиль
		Насос центробежный
		Насос шестеренный
		Насос винтовой

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
		Общее обозначение насоса
		Компрессор поршневой
		Компрессор винтовой
		Затвор дисковый
		Вентиль запорный шаровый угловой (нормально открытый)
		Вентиль запорный шаровый угловой (нормально закрытый)
		Трехходовой вентиль
		Трехходовой шаровый вентиль
		Трехходовой регулирующий вентиль
		Четырехходовой вентиль
		Угловой регулирующий вентиль (нормально открытый)
		Угловой регулирующий вентиль (нормально закрытый)
		Межфланцевая диафрагма
ba		Границы проектирования (a — Заказчик, b — исполнитель)
	3	Клапан запорный с пневматическим приводом (нормально открытый)

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
	3	Клапан запорный с пневматическим приводом (нормально закрытый)
		Регулятор давления «после себя»
		Регулятор давления «до себя»
	—	Регулятор давления
FI	FI	Индикатор потока
PI PI	PI	Манометр
PdI	PDI	Дифманометр
TI	TI	Термометр
QE	QE	Датчик концентрации
FT	FS	Реле протока
FIA	FIA	Индикатор потока с контактами
FIS	FIS	Индикатор потока с расходомером
LT LSA LA	LT LSA LA	Реле уровня, регуляторы уровня
LE	LE	Датчик уровня
PS PSA PA	PS PSA PA	Реле давления, прессостат
PT	PT	Датчик давления с преобразователем сигнала, прессостат

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
PE	PE	Датчик давления
PdA	PDS	Дифференциальное реле давления
TS TSA TA TT	TS TSA TA TT	Термореле, термостат, температурный датчик с преобразованием сигнала
TE	TE	Датчик температуры
GI	GI	Указатель положения (регулятора производительности)
WE	WE	Датчик влажности
ME	ME	Датчик массы
		Смотровое стекло (стекло Клингера)
	—	Переключатель
		Воздушный маслоохладитель (драйкулер)
M		Нагревательный элемент
		Фильтр-осушитель
		Сетчатый фильтр
	FI	Смотровое стекло
M	M	Электродвигатель

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
		Пластинчатый теплообменный аппарат
		Вертикальный сосуд
		Общее обозначение ресивера
—	–1–	Вода
—	–1х–	Вода охлажденная
—	–1т–	Вода теплая
—	–3–	Воздух
—	–4–	Азот
—	–11–	Аммиак
—	–11ж–	Аммиак жидкий
—	–11п–	Аммиак парообразный
—	–11пж–	Аммиачная парожидкостная смесь
—	–11г–	Аммиак линии нагнетания
—	–11а–	Аммиак аварийной сбросной линии
—	–11о–	Аммиак линии оттаивания
—	–11д–	Аммиак линии дренажа
—	–3+11–	Смесь аммиака и воздуха
—	–14–	Масло
—	–18–	Фреон
—	–18ж–	Фреон жидкий
—	–18п–	Фреон парообразный
—	–18пж–	Фреоновая парожидкостная смесь

Обозначение по DIN	Обозначение по ГОСТ	Расшифровка обозначения
—	–18г–	Фреон линии нагнетания
—	–28–	Хладоноситель
—	–28х–	Хладоноситель охлажденный
—	–28т–	Хладоноситель теплый
—	–29–	Реагент системы химводоподготовки
	—	Импульсная трубка манометра
—		Отборное устройство
	—	Вентиль для масла быстроспускной
	К 65–50	Переход концентрический
	Э 65–50	Переход эксцентрический
—		Заглушка эллиптическая приварная
—		Заглушка резьбовая
		Клапан (вентиль) обратно-запорный
		Моторный вентиль (дисковый затвор с приводом)

Краткий англо-немецко-русский словарь холодильных терминов, встречающихся в технической документации иностранных фирм-производителей

Actuator — Antrieb — привод.
Air — Lüft — воздух.
Aircooler — Lüftkuhler — воздухоохладитель.
Ammonia — Ammoniak — аммиак.
Angle regulating valve — Eckeregelventil — угловой регулирующий вентиль.
Angle stop valve — Eckeabschperrventil — угловой запорный вентиль.
Angle valve — Eckeventil — угловой вентиль.
Attention! — Achtung! — Внимание!
Backpressure regulating valve — Nachdruckregelventil — регулятор давления «после себя».
Ball stop valve — Kugelabschperrventil — шаровый запорный вентиль.
Ball valve — Kugelventil — шаровый вентиль.
Buster — Buster — бустер.
Butterfly valve — Klappenventil — дисковый затвор.
Cable — Kabel — кабель.
Capacity regulator — Leistungsregler — регулятор производительности.
Cast iron — Gusseisen — чугун.
Caution! — Vorsicht! — Осторожно!
Check valve — Rückschlagventil — обратный клапан.
Chiller — Kältwassersatze — водоохлаждающая машина.
Coil — Spule — катушка.
Cold — Kälte — холод.
Cold, cool — Kalt — холодный.
Cold store (room) — Kühlraum — холодильная камера.
Cold-transfer medium — Kältetrager — хладоноситель.
Cold-transfer medium line — Kältetragerleitung — линия хладоносителя.
Compensator — Kompensator — компенсатор, виброгаситель.
Compressor — Verdichter — компрессор.
Compressor unit — Verdichter anlage — компрессорный агрегат.
Condenser — Verflüssiger — конденсатор.
Condensing pressure regulator — Verflüssigungsdruckregler — регулятор давления конденсации.
Condensing pressure regulator (water valve) — Druckgesteuerte Wasserventile — водорегулирующий вентиль.
Condensing temperature — Verflussigertemperatur — температура конденсации.
Connection — Anschluss — присоединение, подключение.
Control panel — Schild — щит управления.
Cooling tower — Kühltürme — градирня.
Copper — Kupfer — медь.
Coupling — Verschraubung — муфта.
Crank case pressure regulator — Startregler — регулятор давления в картере.

Delivery border — Liefergrenze — граница поставки (проектирования).
Diameter — Durchmesser — диаметр.
Dimensions — Dimension — размеры.
Discharge line — Druckleitung — нагнетательная линия.
Documentation — Dokumentation — документация.
Down slope left — Gefälle links — уклон влево.
Down slope right — Gefälle recht — уклон вправо.
Drawing — Zeichnung — чертеж.
Drop — fallen, sinken — понижаться.
Drycooler — Rückkühler — охладитель жидкости (драйкулер).
Economizer — Economizer — экономайзер.
Electrical supply — Stromart — вид напряжения.
Electric motor — Elektromotor — электродвигатель.
Electrical appliance — Elektrogerät — электроприбор.
Electronically operated expansion valve — Elektronisch gesteuerte Expansionsventile — электронный расширительный вентиль.
Ethylene/Propylene glycol — Etilen/Propilen glikol — этилен/пропилен гликоль.
Evaporating pressure regulator — Verdampfungsdruckregler — регулятор давления кипения.
Evaporative condenser — Verdunstungsverflüssiger — испарительный конденсатор.
Evaporative temperature — Verdampfungstemperatur — температура кипения (испарения).
Evaporator — Verdampfer — испаритель.
Excess pressure regulating valve — Vordruckregelventil — регулятор давления «до себя».
Equipment — Ausruchtung, Einrichtung — оборудование.
Fan — Ventilator — вентилятор.
Filter drier — Filter Trockner — фильтр-осушитель.
Flange connection — Flanschverbindung — фланцевое соединение.
Flanges — Flansche — фланцы.
Flow — Durchfluss — проток.
Flow direction — Strömungsrichtung — направление потока.
Flow indicator — Durchflussanzeiger — индикатор протока.
Flow switch (transmitter) — Durchflusstransmitter — реле протока.
Four-way valve — Fierwegventil — четырехходовой вентиль.
Funnel — Trichter — воронка.
Gear pump — Zahnradpumpe — шестеренный насос.
General — Allgemein — главный.
Hand regulating valve (with hand-wheel) — Regelventil mit Handrad — регулирующий вентиль с маховиком.
Hand-wheel — Handrad — маховик.
Heat exchanger — Warmeaustauschapparat — теплообменник.
High pressure — Hochdrucksch — высокое давление.
High pressure float — Hochdruckschwimmer — поплавок высокого давления.
Impeller pump — Laufradpumpe — центробежный насос.
Inlet — eintritt — вход.
Insulated line — Isolierter leitung — изолированный трубопровод.
Insulation — Isolation — изоляция.

Level switch — Nivoschalter — реле уровня.
Liquid line — Flüssigkeitsleitung — жидкостная линия.
Liquid separator (suction line accumulator) — Flüssigkeitsabscheider — отделитель жидкости.
Location — Anordnung — расположение.
Low pressure — Niderdrucksch — низкое давление.
Manufactured — Fabrikat — произведено.
Masse flow — Massenström — массовый поток.
Moisture — Feuchtigkeit — влажность.
Montage — Montage — монтаж.
(NC) normal closed — (NC) — нормально закрытый.
(NO) normal open — (NO) — нормально открытый.
Net — Netz — сеть.
Nozzle — Düse — форсунка, насадка.
Oil cooler — Ölkühler — маслоохладитель.
Oil line — Ölleitung — линия масла.
Oil separator (Oil reservoir) — Ölsammelbehälter — отделитель масла.
Orifice — Blende/Düse — диафрагма/дюза (вставка для ТРВ).
Outlet — Austritt — выход.
Pilot valve — Pilotventile — пилотный вентиль.
Pipe — Rohr — труба.
Piston compressor — Kolbenkompressor — поршневой компрессор.
Plan (layout) — Plan — план.
Plate heat exchanger — Platteübertrager — пластинчатый теплообменник.
Plunger (piston) pump — Kolbenpumpe — поршневой насос.
Pressure — Druck — давление.
Pressure control — Druckschalter — реле давления.
Pressure difference control (switch) — Differenzdruckschalter — дифференциальное реле давления.
Pressure difference indicator (manometer) — Differenzdruckzeiger (Manometer) — дифференциальный манометр.
Pressure equalization line — Druckausgleichsleitung — уравнительная линия.
Pressure indicator (manometer) — Druckanzeiger (Manometer) — манометр.
Pressure regulating valve — Druckregelventil — регулятор давления.
Pressure transmitter — Druckmessumformer — датчик давления.
Pressure waste — Druckverlust — потери давления.
Pump — Pumpe — насос.
Receiver — Gefäss (Behälter) — ресивер.
Receiver pressure regulator — Sammlerdruckregler — регулятор давления в ресивере.
Refrigerant — Kältemittel — холодильный агент.
Refrigerating machine — Kältemaschine — холодильная машина.
Refrigerating/cooling plant — Kälteanlage — холодильная установка.
Refrigeration capacity — Kälteleistung — холодильная мощность.
Regulating valve — Regelventil — регулирующий вентиль.
Rise — erhöhen, steigen — повышаться.
Safety valve — Sicherheitsventil — предохранительный клапан.
Screw compressor — Schraubenkompressor — винтовой компрессор.
Screw connection — Schraubverbindung — болтовое соединение.
Screw pump — Schraubpumpe — винтовой насос.

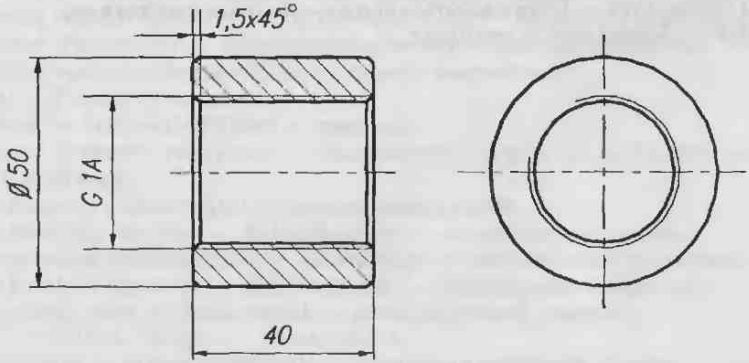
Shut-off/Diaphragm valve — Membranventil — мембранный вентиль.
Sight glass — Schauglass — смотровое стекло.
Single stage — Einstufige — одноступенчатая.
Solder connection — Lötverbindung — паяное соединение.
Solenoid valve — Magnetventil — соленоидный вентиль (клапан).
Solution — Lösung — раствор.
Stainless steel — Edelstal — сталь коррозионно-стойкая.
Steel — Stal — сталь.
Stop valve — Abschperrventil — запорный вентиль.
Stop-check valve — Absperr/Rückschlagventile — обратно-запорный вентиль.
Strainer — Sieb — фильтр-грязевик (для воды и хладоносителей).
Suction line — Saugleitung — всасывающая линия.
Switch — Schalter — переключатель.
Temperature — Temperatur — температура.
Temperature sensor — Temperaturfühler — датчик температуры.
Thermostatic expansion valve (external equalization) — Thermostatische Expansionsventile (auseren ausgleichung) — терморегулирующий вентиль (внешнее выравнивание).
Three-way valve — Dreiwegventil — трехходовой вентиль.
Tolerance — Toleranz — допустимое отклонение.
Total power consumption — Leistungsaufname — потребляемая мощность.
Top — Verdeck — верх.
Turbo compressor — Turboverdichter — турбокомпрессор.
Two-stage — Zweistufige — двухступенчатая.
Vacuum pump — Vakuumpumpe — вакуумный насос.
Valve — Ventil — вентиль.
Valve body — Ventilgehäuse — корпус вентиля.
Volume — Volumen — объем.
Volume flow — Volumström — объемный поток.
Water line — Wasserleitung — линия воды.
Weight — Gewicht — масса.
Length — Länge — длина.
Weld connection — Schweissverbindung — сварное соединение.
Welder — Schweisser — сварщик.

Каталог адаптеров (бобышек) для запорной арматуры и приборов автоматизации

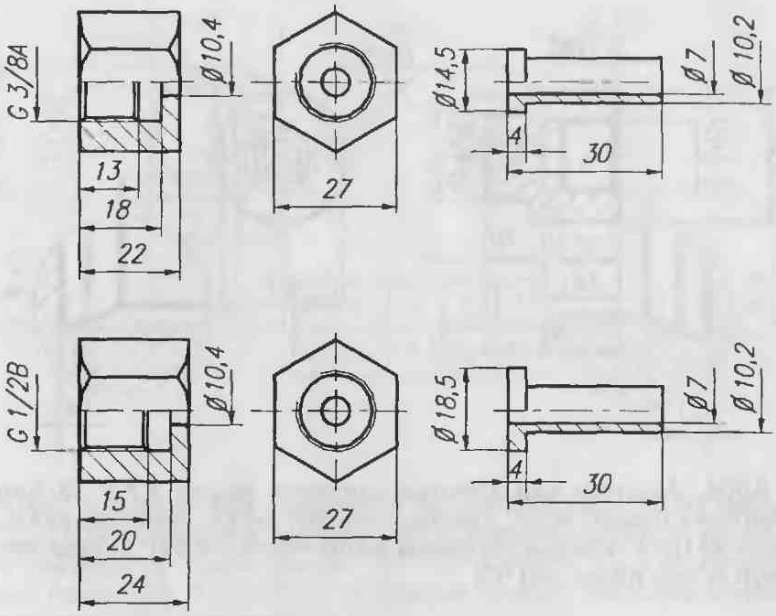
Настоящие эскизы разработаны по данным фирм-производителей приборов автоматизации. Адаптер необходим для того, чтобы соединить прибор автоматизации с трубой или вентилем: адаптер сваривают с трубой или вентилем, прибор ввинчивается в адаптер. Так как холодильная установка работает при низких температурах, необходимо учесть материал адаптера, чтобы сталь была работоспособна при температуре среды, протекающей в трубе. Кроме того, сталь адаптера должна хорошо свариваться со сталью трубы, в шве недопустимы трещины и непровары. Поэтому особое внимание уделяют выбору материала адаптера. Для температур сред, протекающих в трубе, выше −30 °С адаптеры изготавливают из той же стали, что и трубу — стали 20. Для температур сред, протекающих в трубе, ниже −30 °С адаптеры изготавливают из той же стали, что и трубу — стали 09Г2С. Для труб, выполненных по стандарту DIN 2448, адаптеры при наличии стали St.35.8 или St.45.8 следует изготовить из этой стали. Для труб из коррозионно-стойкой стали 08-12Х18Н10Т требуются адаптеры из той же стали, что и труба.

Резьбы адаптеров, предназначенных для аммиака и фреона, не должны изготавливаться с зазором в случае нарезки резьбы резцом. Желательно обеспечить токаря прибором автоматики (сопрягаемой деталью) в качестве шаблона резьбы.

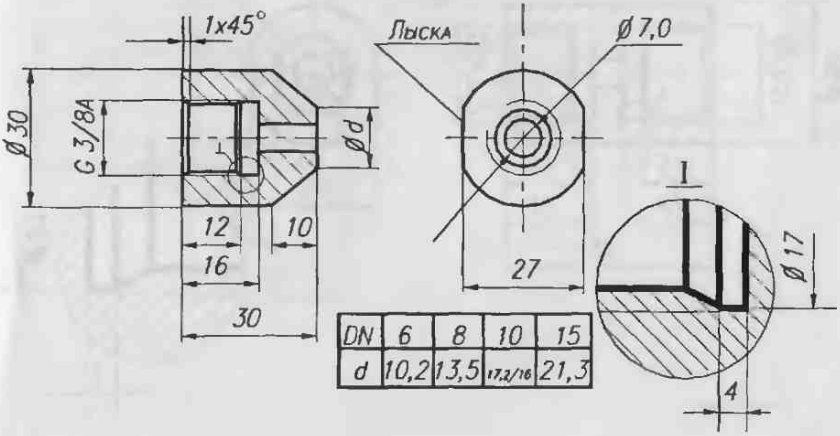
При возникновении вопросов обращайтесь в фирмы-производители приборов за консультациями по изготовлению адаптеров, материалам и резьбам, применяемым в приборах.



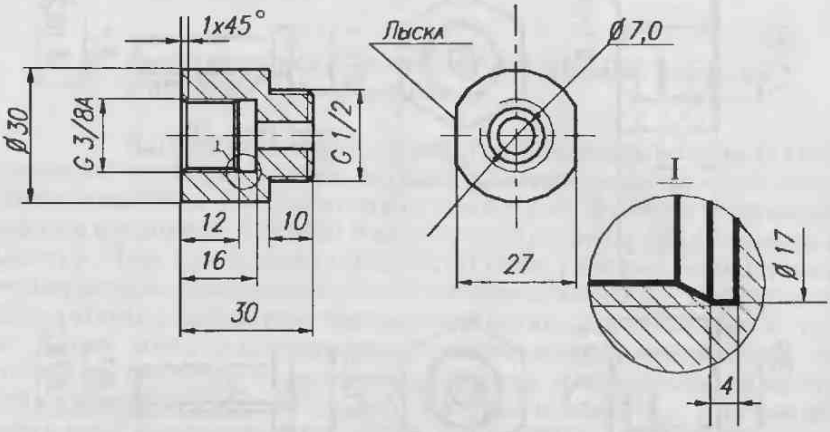
А001. Адаптер для датчика уровня марки AKS 41 фирмы «Danfoss»; деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



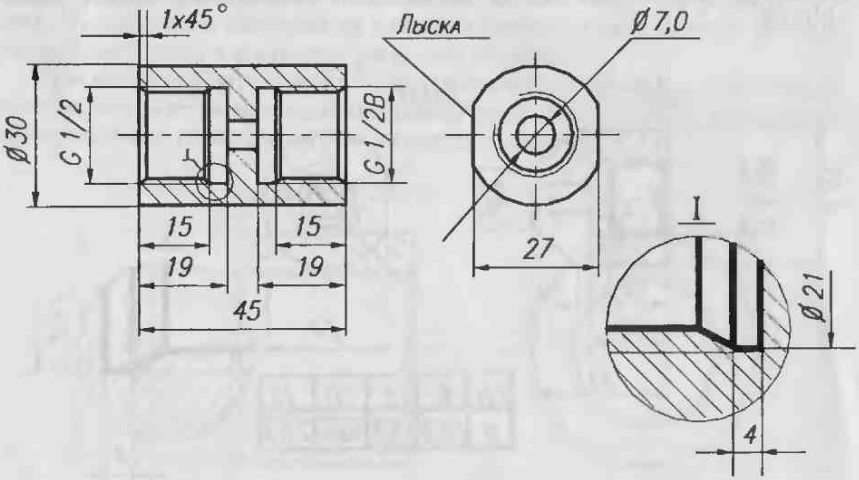
А002. Адаптеры универсальные на основе штуцерно-ниппельного соединения; деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



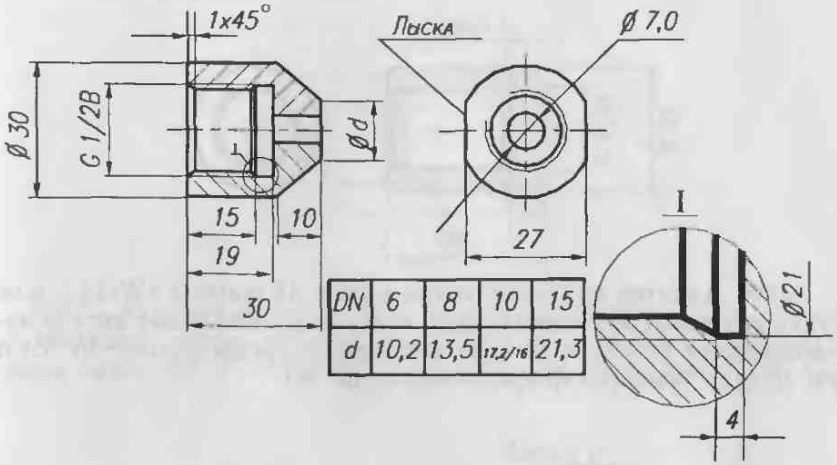
А003. Адаптер для датчика давления марки AKS 33 фирмы «Danfoss» (среда: аммиак, фреон); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С); *DN* — условный проход стальной трубки, привариваемой к адаптеру



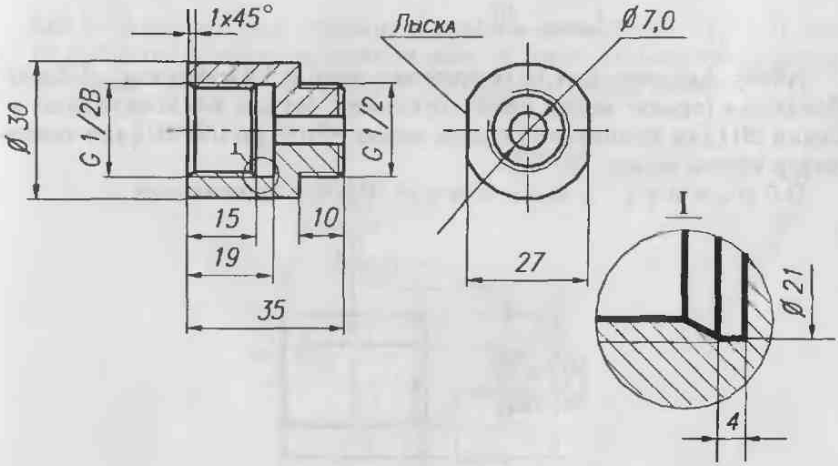
А004. Адаптер для датчика давления марки AKS 33 фирмы «Danfoss» (среда: вода, хладоносители); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



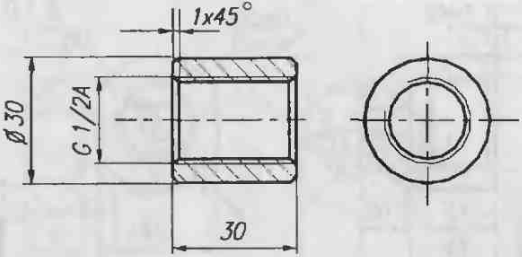
А005. Адаптер для манометра марок 233.50, 733.02 фирмы «Wika» к вентилям марок T34S1.1 и T34S2.1 фирмы «Herl» (среда: аммиак, фреон); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



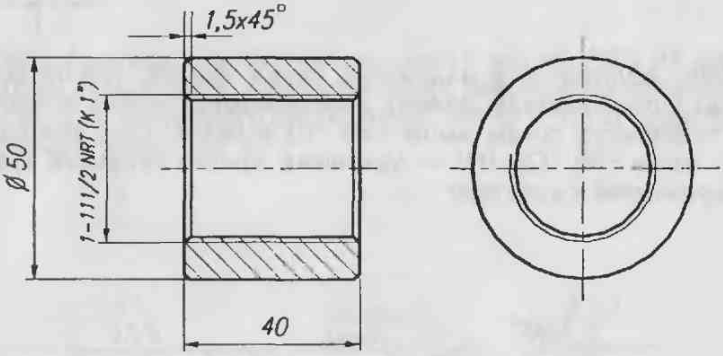
А006. Адаптер для манометра марок 233.50, 733.02 фирмы «Wika» (среда: аммиак, фреон); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С); *DN* — условный проход стальной трубки, привариваемой к адаптеру



А007. Адаптер для манометра марки 233.50 фирмы «Wika» (среда: вода, хладоносители); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)

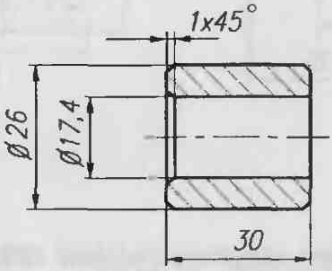


А008. Адаптер для термометра марки 32 фирмы «Wika», воздуховыпускных вентилей (среда: вода, хладоносители); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)

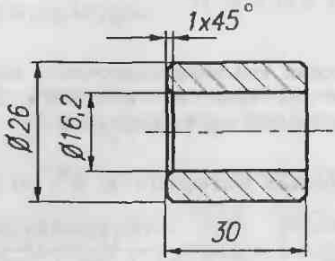


А009. Адаптер для реле протока марки F61 фирмы «Johnson Controls» (среда: вода, хладоносители); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С).

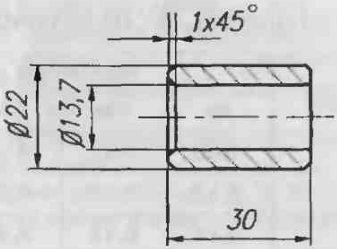
Обратить внимание! Резьба коническая



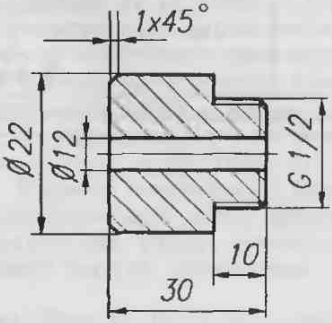
А010. Адаптер для стальной трубки диаметром $Д_у$ = 10 мм (∅ 17,2×2,3 мм); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



А011. Адаптер для стальной трубки диаметром $Д_у$ = 10 мм (∅ 16×2 мм); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



А012. Адаптер для стальной трубки диаметром $Д_у$ = 6 мм (∅ 13,5×1,8 мм); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)



А013. Адаптер для шарового вентиля 1/2″ (среда: вода, хладоносители); деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше −30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже −30 °С)

ПРИЛОЖЕНИЕ IV

Нормы расхода теплоизоляционных материалов на основе вспененного каучука по изоляции запорной арматуры и фасонных частей трубопроводов

Расход листовых материалов, м^2, по вентилям

Толщина тепловой изоляции, мм	Внутренний диаметр, мм						
	50	65	80	100	125	150	200
6–9	0,35	0,40	0,48	0,82	0,80	1,00	1,45
13–19	0,42	0,48	0,55	0,70	0,88	1,10	1,85
25–32	0,46	0,52	0,60	0,75	0,93	1,20	1,70

Расход листовых материалов, м^2, по крутоизогнутым отводам

Толщина тепловой изоляции, мм	Внутренний диаметр, мм				
	80	100	125	150	200
6–9	0,09	0,12	0,19	0,26	0,44
13–19	0,12	0,15	0,23	0,32	0,40
25–32	0,14	0,18	0,27	0,38	0,64

Расход клея, м^2/л

Тип тепловой изоляции	Толщина тепловой изоляции, мм			
	6	9	13	19
Неразрезные трубки	1700	1500	550	350
Разрезные трубки	190	170	130	90
Пластины	3–4 м^2/л			
Примечание. Расход финишной краски — 4 м^2/л (двойной слой краски).				

Список литературы

1. **ГОСТ 21.404–85.** Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. — М.: Изд-во стандартов, 1985. — 17 с.

2. **Альтштуль А. Д.** Гидравлика и аэродинамика. — М.: Стройиздат, 1987. — 414 с.

3. **Сварка** и резка материалов: Учеб. пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков, М. Г. Козулин и др. — М.: Издат. центр «Академия», 2000. — 400 с.

4. **Богданов С. Н., Иванов О. П., Куприянов А. В.** Холодильная техника. Свойства веществ: Справ., 3-е изд., перераб. — Л.: Агропромиздат, 1985. — 208 с.

5. **Быков А. В.** Теплообменные аппараты. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 248 с.

6. **Добронравов С. С., Дронов В. Г.** Строительные машины и основы автоматизации. — М.: Высш. шк., 2001. — 575 с.

7. **Зеликовский И. Х., Каплан Л. Г.** Малые холодильные машины и установки: Справ., 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1989. — 672 с.

8. **Канторович В. И.** Надежность малых холодильных машин. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 223 с.

9. **Кобулашвили Ш. Н.** Холодильная техника: Энцикл. справ. — Кн. 3. — Л.: Госторгиздат, 1961. — 488 с.

10. **Краткий** справочник паяльщика / И. Е. Петрунин, И. Ю. Маркова, Л. Л. Гржимальский и др. — М.: Машиностроение, 1991. — 224 с.

11. **Курылев Е. С., Герасимов Н. А.** Холодильные установки. — Л.: Машиностроение, 1980. — 622 с.

12. **Лупачев В. Г.** Ручная дуговая сварка. — Минск: Выш. шк., 2000. — 496 с.

13. **Лурье М. Е.** Изготовление и монтаж трубопроводов холодильных установок. — М.: Стройиздат, 1971. — 135 с.

14. **Мааке В., Эккерт Г.-Ю., Кашпев Ж.-Л.** Учебник по холодильной технике. — М.: Изд-во Москов. ун-та, 1998. — 1142 с.

15. **Малые** холодильные установки и холодильный транспорт: Справ. / Под ред. А. В. Быкова. — М.: Пищ. пром-сть, 1978. — 238 с.

16. **Невейкин В. Ф.** Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок. — М.: Агропромиздат, 1989. — 287 с.

17. **ПБ 03-108–96.** Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов. — М.: НПО ОБТ, 1997. — 228 с.

18. **ПБ 09-220–98.** Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок. — М.: ВНИИХИ, 1999. — 81 с.

19. **Пособие** для ремонтника: Практ. руководство по ремонту холод. оборуд. с конденсаторами воздуш. охлаждения. — М.: ЗАО «Остров», 1997. — 340 с.

20. **Постарнак С. Ф., Зуев Ю. Ф.** Холодильные машины и установки. — М.: Транспорт, 1982. — 335 с.

21. **ПОТ Р М 015–2000.** Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации фреоновых холодильных установок. — СПб.: ЦОТПБСП, 2001. — 64 с.

22. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем. — СПб.: ЦОТПБСП, 2004. — 51 с.

23. **Проектирование** холодильников / Ю. С. Крылов, П. И. Пирог, В. В. Васютович и др. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 310 с.

24. **Торговые** и холодильные машины и аппараты: Учеб. пособие. — М.: Экономика, 1970. — 375 с.

25. **Федоренко В. А., Шошин А. И.** Справочник по машиностроительному черчению. — Л.: Машиностроение, 1982. — 416 с.

26. **Холодильные** машины: Учебник / Под ред. И. А. Сакуна. — Л.: Машиностроение, 1985. — 510 с.

27. **Холодильные** машины: Учебник / Под ред. Л. С. Тимофеевского. — СПб.: Политехника, 1997. — 992 с.

28. **Эксплуатация** холодильников: Справ. — М.: Пищ. пром-сть, 1977. — 208 с.

29. **Claes** Stenhede. Das Handbuch für Plattenwärmeubertrager in der Kälte- und Klimatechnik. — Italy: Tipolitografia Faltracco, 1999. — 170 S.

30. **Plank R.** Handbuch der Kältetechnik. — Berlin; Göttingen; Heidelberg: Springer Verlag, Bd. 4. — 1959. — 490 S.

31. **Wigley D. A.** Mechanical properties of materials at low temperatures. — New York; London: Plenum press. — 1971. — 373 P.

Оглавление

Введение 3

Глава 1. **Подготовка к монтажу** 4

1.1. Работа с документацией и Заказчиком . . . . . –
1.2. Инструмент 6
1.2.1. Ручной инструмент общего назначения . . . . . –
1.2.2. Инструмент с электрическим приводом 12
1.2.3. Паечное оборудование, резаки, припой и флюсы . . . 15
1.2.4. Специальный инструмент 20
1.2.5. Электромонтажный инструмент 28
1.2.6. Сварочное оборудование и электроды 29
1.3. Техника безопасности, спецодежда и средства защиты 34
1.4. Грузоподъемные машины 42
1.5. Комплектность поставки 46

Глава 2. **Монтаж** 63

2.1. Агрегаты и аппараты . . . . . –
2.1.1. Компрессорные и компрессорно-конденсаторные агрегаты 71
2.1.2. Водоохлаждающая машина (чиллер), сплит-система, моноблок, теплообменное оборудование, емкостное оборудование, насос, градирня 72
2.2. Трубопроводы 95
2.2.1. Пайка 96
2.2.2. Резка трубы 104
2.2.3. Ручная дуговая сварка 109
2.2.4. Ручная дуговая сварка в защитном газе (аргоне) . . . 116
2.2.5. Последовательность монтажа трубопроводов холодильной системы . . . . . –
2.2.6. Крепление трубопроводов 126
2.3. Арматура и КИПиА 133
2.4. Тепловая изоляция 156
2.4.1. Тепловая изоляция трубопроводов и сосудов . . . –
2.4.2. Тепловая изоляция сэндвич-панелями 169
2.4.3. Покровные слои 173
2.5. Силовое электрооборудование, средства автоматизации 176
2.5.1. Силовое электрооборудование . . . . . –
2.5.2. Приборы КИПиА 200

Глава 3. **Пусконаладочные работы** 207

3.1. Испытания холодильной установки на прочность и плотность 208
3.2. Заправка системы холодильным агентом, маслом и хладоносителем 214
3.3. Проверка правильности подключения силовых и сигнальных кабелей 222

3.4. Программирование процессоров 224
3.5. Центровка муфт 227
3.6. Настройка приборов автоматизации 230
3.7. Пуск холодильной установки 233

Заключение 234

Приложение I. Обозначения на принципиальных схемах запорно-регулирующей арматуры и средств автоматизации, принятые в зарубежной и отечественной документации 235

Приложение II. Краткий англо-немецко-русский словарь холодильных терминов, встречающихся в технической документации иностранных фирм-производителей . . . 244

Приложение III. Каталог адаптеров (бобышек) для запорной арматуры и приборов автоматизации 248

Приложение IV. Нормы расхода теплоизоляционных материалов на основе вспененного каучука по изоляции запорной арматуры и фасонных частей трубопроводов 254

Список литературы 255

Полевой Алексей Александрович

Родился в 1976 г. Окончил Ленинградский технологический институт холодильной промышленности. Защитил кандидатскую диссертацию на тему «Повышение эффективности бесканальных систем охлаждения объектов». Работал в Санкт-Петербургском филиале фирмы «Carrier» (кондиционирование и вентиляция), в фирме «AuT» (промышленные холодильные системы), в ЗАО «ОК» (одна из ведущих фирм по проектированию холодильных систем) и в ООО «Эйркул» главным инженером проекта. В настоящее время является Генеральным директором ООО «Технологии низких температур». В 2004 г. стал членом-корреспондентом Международной академии холода.

За время работы участвовал в ряде крупных проектов холодильных установок: для пивоваренных предприятий «Балтика» (г. Самара и г. Хабаровск), «Вена» (Санкт-Петербург), «Бочкарев» (Санкт-Петербург), «Липецкий хладокомбинат» и «Балтийский хладокомбинат» (Санкт-Петербург), ЛДС «Юбилейный» (Санкт-Петербург), спортбаза «Спартак» (Санкт-Петербург), СКК им. В. Блинова (г. Омск), Универсальный дворец спорта (г. Старый Оскол), супермаркет «Перекресток» (Санкт-Петербург), хлебозавод «Каравай» (Санкт-Петербург), низкотемпературный склад «Интерхолод» (Санкт-Петербург), банановый терминал «JFC» (г. Краснодар), а также установок замораживания грунта (Тайвань).

Автор просит все отзывы отправлять по адресу:
E-mail: info@polevoy.ru

ISBN 5-7325-0812-0

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Полевой Алексей Александрович

МОНТАЖ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Заведующая редакцией *Е. В. Шарова*
Редактор *М. И. Козицкая*
Технический редактор *Т. М. Жилич*
Корректоры *З. С. Романова, Е. П. Смирнова, Т. Н. Гринчук*
Верстка *Ю. А. Окуневой*

Сдано в набор 04.07.2004. Подписано в печать 14.01.2005.
Формат издания 60×90 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура SchoolBook.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,5. Уч.-изд. л. 15,6.
Тираж 3000 экз. Заказ № 271.

ОАО «Издательство „Политехника“».
191023, Санкт-Петербург, Инженерная ул., 6.

Отпечатано с готовых диапозитивов
в ГУП РК «Типография им. П. Ф. Анохина».
185005, г. Петрозаводск, ул. «Правды», 4.