Библиотека СОК

А.А. Полевой

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Издательство ПРОФЕССИЯ

Санкт-Петербург
2010

**ББК 31.392**
**УДК 681.5**
**П49**

**Полевой А. А.**
**П49** Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха /А. А. Полевой. — СПб.: «Профессия», 2010. — 244 с., рис., табл.

ISBN 978-5-93913-200-8

В книге последовательно изложены общие принципы автоматизации холодильных установок и систем кондиционирования воздуха, приведены многочисленные функциональные схемы автоматического управления холодильными процессами. Рассмотрены как широко распространенные, так и малоизвестные современные приборы автоматизации, их устройство, особенности эксплуатации и монтажа. В издании приведено много иллюстраций и схем.

Книга предназначена для специалистов по холодильному оборудованию и кондиционированию воздуха, а также для специалистов по автоматике, занимающихся холодильными установками. Она будет полезна студентам профильных вузов, инженерам, монтажникам и специалистам по КИПиА.

**ББК 31.392**
**УДК 681.5**

*Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.*

Заказ № 8.
Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии ООО "ИПК Биont"
г. Санкт-Петербург, Средний пр., дом 86, тел.: (812) 322-68-43

ISBN 978-5-93913-200-8

© Полевой А. А., 2010
© ИД «Профессия», 2010

# Введение

Предоставленные сами себе,
события имеют тенденцию
развиваться от плохого к худшему.
*Следствие закона Мерфи*

Развитие средств автоматизации оказывает большое влияние на совершенствование холодильной техники. Конструкция компрессорного и теплообменного оборудования в течение ряда лет претерпела лишь ряд конструктивных изменений, в то время как приборы автоматизации изменились коренным образом.

В 1765 г. И.И.Ползунов впервые применил автоматическую систему регулирования уровня воды в котле паровой машины, представляющую собой поплавковый клапан. На заре появления холодильной техники, когда в 1834 г. английский врач Якоб Перкинс построил машину, работающую на этиловом эфире, автоматизации как таковой не существовало. Запуск холодильной машины, регулирование производительности и вспомогательные процессы осуществлялись в ручном режиме.

Большое число кондиционеров, появившихся в конце XIX — начале XX вв., работало в ручном режиме. Это было неудобно и небезопасно, так как в агрегатах применялись токсичные и ядовитые холодильные агенты, и множество людей пострадало при утечках в кинотеатрах и бизнес-центрах. Тем не менее, кондиционеры позволили американцам освоить малообжитые территории, такие как, например, штат Луизиана, где жаркий климат тормозил экономическое развитие. Однако, из-за отсутствия средств автоматизации, холодильная техника в то время использовалась лишь в крупных промышленных и общественных сооружениях.

Такое положение сохранялось вплоть до создания французским учителем физики Марселем Одифреном в 1910 г. первой автоматической холодильной машины. Созданный на ее базе домашний холодильник «Одифрен» нуждался лишь в осмотрах для смазывания подшипников (2 раза в год) и смене приводного ремня (1–2 раза в год). Регулирование в агрегате выполнял поплавковый вентиль.

Первый домашний холодильник с автоматическим регулированием температуры в камере создал американец Копланд в 1918 г. В 1925 г. компанией Копланда был выпущен первый терморегулирующий клапан, а в 1933 г. фирма *Danfoss* выпустила терморегулирующий вентиль (ТРВ). К 1960 г. большинство приборов автоматизации приобрело современный вид, например, конструкция

механического ТРВ с тех пор не изменялась. Дальнейшее совершенствование автоматизации холодильных установок связано с развитием микропроцессорной техники. С 1982 г. *Danfoss* выпускает электронные терморегулирующие клапаны и контроллеры к ним. А уже в 1997 г. начался выпуск электронных систем контроля холодильных установок, позволяющих отслеживать работу агрегатов и управлять ею на любом расстоянии от объекта.

Оснащение холодильной техники надежными и многофункциональными приборами автоматизации позволяет производителям холодильного оборудования предлагать потребителю все более сложные машины, не требующие постоянного обслуживания и специально обученного персонала. Холодильная техника сегодня поставляется во многие труднодоступные районы, что позволяет производить готовый продукт на месте, тем самым повышая его ценность. Большой ассортимент приборов автоматизации в холодильной технике дает возможность решить практически любые задачи, стоящие перед заказчиком.

Применение средств автоматизации позволяет сократить расход электроэнергии на 20–25 %, по сравнению с неавтоматизированными установками. Агрегаты и аппараты защищаются, насколько возможно, от перекосов фаз, выпадения фаз, повторных пусков, низкого давления всасывания, высокого давления нагнетания, отсутствия смазки, отсутствия протока и др. Это позволяет уберечь оборудование от поломки. В пищевой, химической и прочих областях промышленности есть множество процессов, где для обеспечения должного качества продукции необходимо поддержание температурного режима с точностью до 0,5° С. Только применение средств автоматизации позволяет добиться этого.

Большая часть отечественной литературы по автоматизации холодильных установок относится к восьмидесятым годам XX в. и приборы, описанные в ней, в настоящее время не производятся. В данной книге описаны современные приборы и схемы автоматизации наиболее распространенных производителей. Теоретические сведения, для лучшего понимания материала, совмещены с обширной практической информацией. Автор надеется, что информация, приведенная здесь, поможет практикам повысить уровень теоретических знаний, а специалистам-теоретикам — более подробно ознакомиться с приборами и методами их использования. Издание адресовано, прежде всего, специалистам по холодоснабжению и кондиционированию воздуха, осваивающим автоматику, но будет полезно и автоматчикам, изучающим основы холодильной техники.

# Глава 1. Краткие основы автоматизации холодильных установок и приборы автоматизации

Все не так легко, как кажется.
*Следствие закона Мерфи*

Средства автоматизации позволяют повысить эффективность производственных процессов. Например, на полностью автоматизированном холодильном складе груз принимается по заданной программе, затем, при помощи автоматического погрузчика, помещается в холодильную камеру с необходимой температурой, а в памяти процессора фиксируется дата поступления, тип груза и место его хранения.

При необходимости автоматический погрузчик извлекает груз и помещает в грузовой транспорт, в память процессора заносится запись о дате отправления груза, а освободившееся место заполняется новым грузом.

При таком уровне автоматизации склада один оператор может управлять холодильником емкостью до 5000 т. В принципе же, возможна интеграция системы автоматизации склада в общую, куда сведены системы автоматизации всеми процессами на предприятии. Это позволяет не только наблюдать за всеми процессами на предприятии, но и управлять ими — причем с одного пульта. При этом возрастает эффективность управления процессами, снижается возможность аварийных ситуаций, уменьшается влияние человеческого фактора, повышается безопасность работающего персонала.

## 1.1. Основные задачи автоматизации холодильных установок

Машина должна работать, человек — думать.
*Принцип IBM*

Прежде чем автоматизировать холодильную установку, необходимо понять принцип работы и назначение данного устройства. Зачастую автоматчики и специалисты по КИП (контрольно-измерительным приборам) плохо представляют себе цели и задачи работы машины — даже в общих чертах. В результате, эти специалисты не облегчают производственному персоналу работу с установкой, а реализуют собственные представления о том, как должна выглядеть автоматизация «агрегата непонятного назначения». Это приводит как

правило к тому, что работники отключают ненужные приборы и продолжают управление в ручном режиме, что не только дискредитирует саму идею автоматизации производства, но и приводит к излишним затратам.

Холодильные машины с точки зрения классической автоматизации весьма несложны: в них необходимо лишь поддерживать температуру, давление, уровень, влажность (для кондиционеров). Однако обилие приборов в промышленных холодильных машинах, особенности их эксплуатации и уникальные технологические процессы отрасли требуют глубокого понимания холодильной техники для правильной ее автоматизации.

Компрессионная холодильная машина состоит из 4-х элементов (рис. 1.1). Мы будем рассматривать именно компрессионные холодильные машины, так как другие их разновидности (абсорбционные, термоэлектрические и т.д.) распространены не так широко и приборы для их автоматизации имеют незначительное отличие — по месту установки и алгоритму работы.

Основным элементом холодильной машины можно считать компрессор, в котором происходит сжатие поступившего на всасывание пара холодильного агента (обозначение *18* — фреон). Компрессор может быть поршневым, спиральным, винтовым, центробежным, — их автоматизация в принципе одинакова. Например, поршневой компрессор (сходный с двигателем внутреннего сгорания) при помощи поршня сжимает газ (холодильный агент) в цилиндре. Холодильный агент попадает в цилиндр через всасывающий клапан, а выходит через нагнетательный. Коленвал, двигающий поршни через шатуны, приводится в движение электродвигателем (это обратный цикл, а бензиновый двигатель — прямой цикл — детонирующее топливо толкает поршень, тот — шатун, он в свою очередь — коленчатый вал, от которого вращение передается на колеса). Наиболее простой способ регулирования работы всей холодильной установки осуществляется путем простого отключения компрессора, поэтому на рис. 1.1. пунктирной линией показана связь с термостатом, отключающим компрессор, при достижении в холодильной камере заданной температуры.

Именно компрессору, как наиболее сложному с механической точки зрения устройству, необходимы приборы защиты. Компрессор нужно защищать от слишком низкого давления всасывания (например, из-за утечки холодильного агента) и слишком высокого давления нагнетания (например, из-за слишком высокой температуры наружного воздуха). Обычный манометр не является прибором защиты как таковым, но позволяет вовремя отключать установку вручную при критических значениях давления.

Реле давления стороны низкого давления (на всасывании) и стороны высокого давления (нагнетания) автоматически отключают компрессор при снижении давления всасывания или большом давлении нагнетания. Реле

контроля смазки контролирует перепад давления на входе и выходе встроенного насоса для масла, подающего смазку к подшипниками и другим нагруженным частям компрессора. Эти реле защищают компрессор от аварии и механического повреждения (поломка клапанов, шатунов, подшипников, сгорание электродвигателя и т.д.).

Далее сжатый пар холодильного агента попадает в конденсатор, где благодаря теплообмену с окружающим воздухом конденсируется до состояния жидкости. Как известно, холодильные агенты используются в холодильной технике именно из-за способности легко менять агрегатное состояние (газ — жидкость), что позволяет им конденсироваться (отдавать тепло) и кипеть (забирать тепло). Конденсатор представляет собой трубки, соединенные в один большой змеевик, с насаженными на них (для увеличения теплообменной поверхности) ребрами. В небольших конденсаторах (например, в конденсаторе бытового холодильника) вентилятор не устанавливают, в крупных конденсаторах может быть до 12 вентиляторов, диаметром свыше 1 м. В простейшем случае вентилятор конденсатора включается вместе с компрессором, в более сложных устройствах — от специального термостата или реле давления, в са-

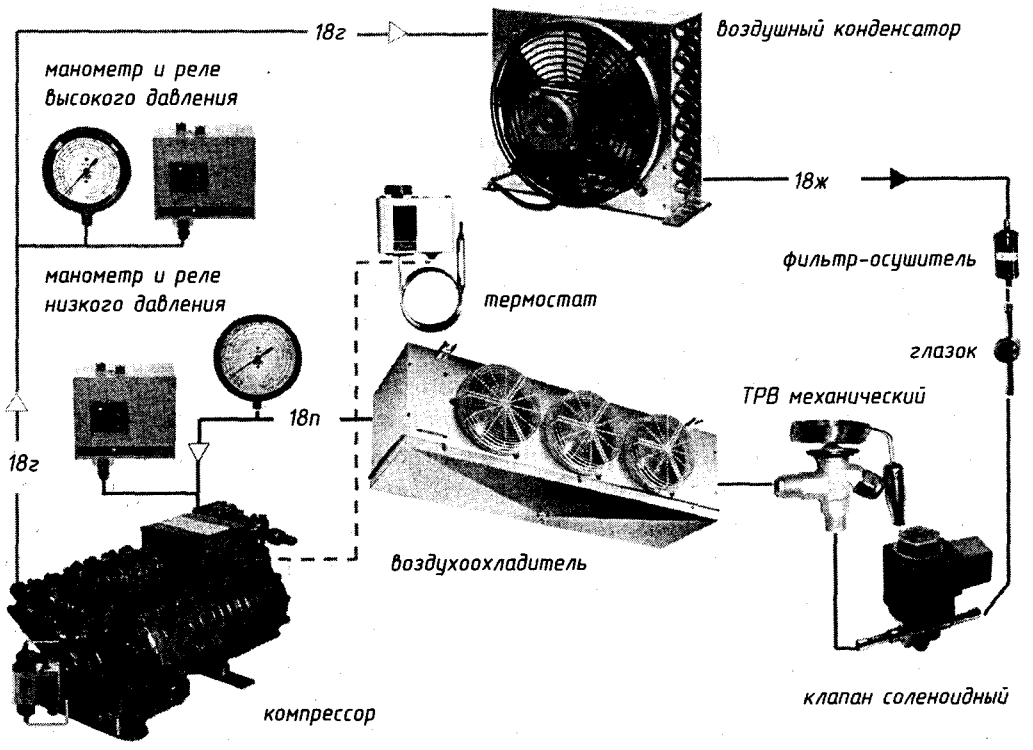



**Рис. 1.1.** Схема автоматизации простейшей холодильной установки

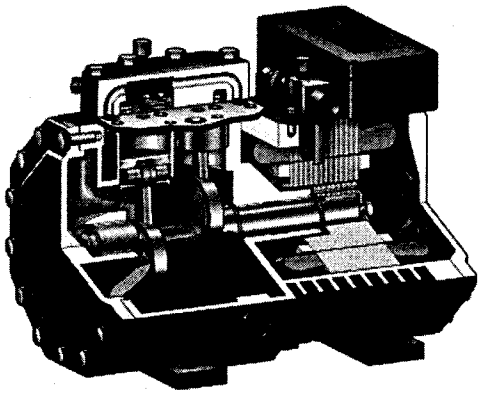


**Рис. 1.2.** Устройство поршневого компрессора без насоса для масла

мых крупных установках работа вентиляторов регулируется контроллером. В конденсаторе нас интересует важный параметр регулирования температуры конденсации $t_к$.

Из конденсатора жидкий холодильный агент поступает к терморегулирующему вентилю. Терморегулирующий вентиль (ТРВ) регулирует количество холодильного агента в испарителе и поддерживает перегрев пара после испарителя (чтобы в компрессор не попадали капли холодильного агента, которые могут вызвать гидроудар). В ТРВ происходит дросселирование холодильного агента — проходя сквозь очень узкую дюзу в ТРВ, часть холодильного агента вскипает и охлаждает остальную массу жидкости до температуры кипения $t_0$. Из ТРВ, таким образом, выходит уже не просто жидкий холодильный агент, а парожидкостная смесь.

Обычно для упрощения на схеме не показывают такие элементы как фильтр-осушитель, глазок, соленоидный клапан, но они обязательно присутствуют в современной холодильной установке. Фильтр-осушитель позволяет избавляться не столько от механических частиц, сколько от влаги, образующей во фреоне кислоту, вредную для лакового покрытия обмоток электродвигателя компрессора. С помощью глазка можно контролировать недостаток холодильного агента (по наличию пузырьков) и наличие влаги (по изменению цвета индикатора). Соленоидный клапан при остановках отсекает сторону высокого давления от стороны низкого давления.

После ТРВ парожидкостная смесь попадает в испаритель (воздухоохладитель), где кипит при температуре $t_0$, отбирая тепло от продукта, находящегося в холодильной камере. Холодильные агенты (кроме воды) могут кипеть при отрицательных температурах. Применение же в качестве холодильного агента воды ограничено только положительными температурами. Испаритель, как и конденсатор, представляет собой змеевик с ребрами: внутри трубок кипит холодильный агент, вентилятор подает холодный воздух к продукту и втягивает в себя теплый воздух от него. Простейшие испарители (морозильная камера бытового холодильника) вентиляторов не имеют. В несложных холодильных машинах вентилятор испарителя включается вместе с компрессором. Термобаллон ТРВ, расположенный на выходе из испарителя, позволяет кла-

пану пропускать нужное количество холодильного агента и поддерживать необходимый перегрев, о чем будет подробнее сказано далее.

Таким образом, работа простейшей холодильной машины выглядит так: сжимаемый в компрессоре пар подается в конденсатор, где отдает тепло и становится жидкостью, затем жидкий холодильный агент дросселируется в ТРВ и подается в испаритель. Там жидкость вскипает и становится паром, всасываясь в компрессор. Компрессор, включающийся и выключающийся по сигналу термостата, оснащается защитными реле высокого и низкого давления. Более простое устройство имеют только бытовые холодильники и торговые витрины.

Сложнее автоматизировать холодильные установки, имеющие насосы. На рис. 1.3 показана схема холодильной установки и необходимых приборов автоматизации, характерная для охладителей жидкости (так называемый чиллер), где используются насосы воды и хладоносителя. Элементы системы те же — компрессор, конденсатор, ТРВ и испаритель. Однако добавляются насосы, перекачивающие жидкость, позволяющую отводить тепло из конденсатора и отбирать тепло от охлаждаемого продукта.

Компрессор на рис. 1.3 показан винтовой, со встроенным маслоохладителем — он также оснащен реле высокого (ВД или *HP* от англ. *high pressure*)

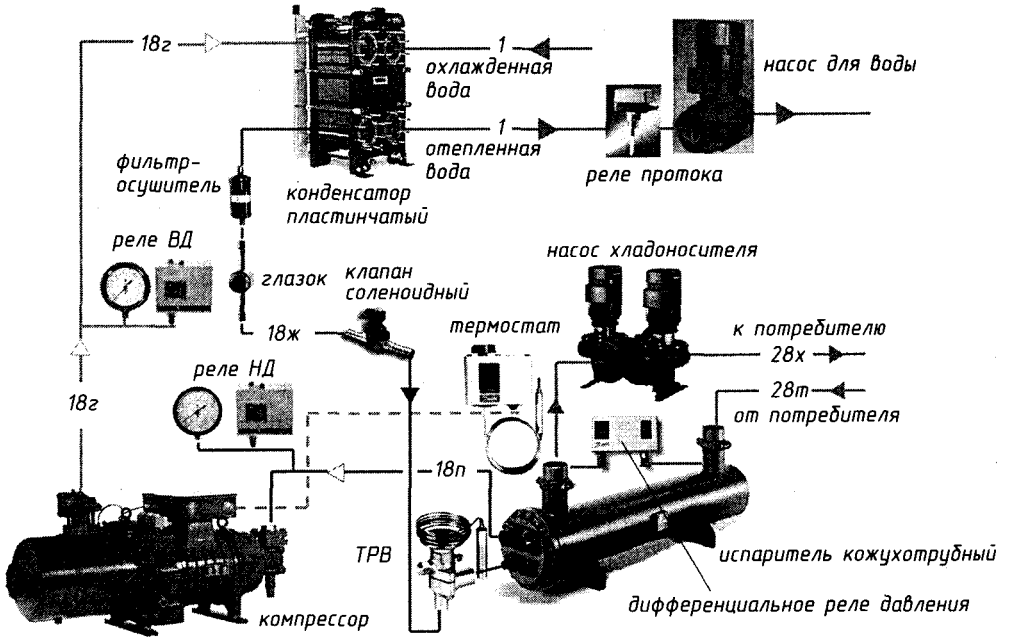



**Рис. 1.3.** Схема холодильной установки с кожухотрубным испарителем и пластинчатым конденсатором

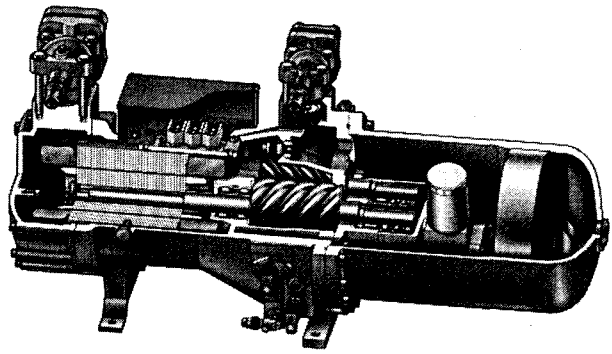


**Рис. 1.4.** Устройство винтового компрессора со встроенным маслоотделителем

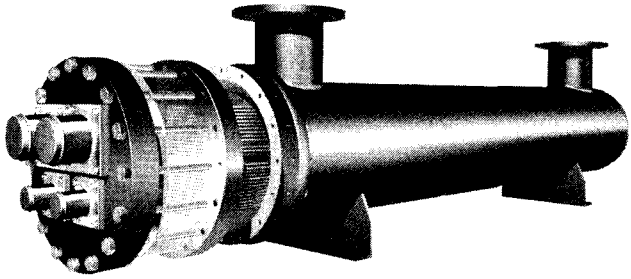


**Рис. 1.5.** Устройство кожухотрубного двухконтурного испарителя

и низкого давления (НД или *LP* от англ. *low pressure*). В винтовых компрессорах, в отличие от поршневых, отсутствует насос для масла (за исключением ряда промышленных моделей с вынесенным насосом), поэтому реле контроля смазки такие компрессоры не оснащаются.

На рис. 1.4 показано внутреннее устройство так называемого компактного винтового компрессора — со встроенным маслоотделителем. Это конструкторское решение позволяет избежать трудностей с охлаждением и возвратом масла при ряде режимов. При использовании маслоотделителя, являющегося отдельным аппаратом, возникает необходимость возвращать масло в компрессор, а при работе несколькими компрессорами — и равномерно распределять его между компрессорами. Системы возврата масла будут подробно описаны ниже.

На рис. 1.3. представлен пластинчатый конденсатор. В таком теплообменнике используются фигурные пластины, с одной стороны которых происходит конденсация, а с другой циркулирует охлаждающая вода (обозначение *1*). Воду от градирни или охладителя подает насос, требующий особой автоматизации, то есть оснащения реле протока. Реле замыкается при протоке жидкости и размыкается при его отсутствии (поломка насоса, отсутствие воды из-за утечки, загрязнение теплообменника и др.), отключая установку.

ТРВ на рис. 1.3. механическое, а испаритель — кожухотрубный. Испаритель представляет собой стальной кожух с трубками, в которых кипит холо-

дильный агент. Реже встречаются модели, когда холодильный агент кипит на трубках, а внутри них циркулирует охлаждаемая жидкость. Кожухотрубный испаритель (рис. 1.5), как и воздухоохладитель, понижает температуру продукта, только здесь охлаждаются жидкости, называемые хладоносителем (обозначение *28*). Если продукт не пищевой (охлаждать пищевой продукт непосредственно холодильным агентом запрещено), то он подается насосом в испаритель. Циркуляцию производит насос. Так как существует опасность замерзания хладоносителя в испарителе, для защиты насос оснащается реле перепада давления. Реле контролирует перепад давления на входе и выходе из испарителя — если он есть, то циркуляция в норме.

Реле перепада давления и реле протока часто используют вместе, для надежности.

Термостат (рис. 1.3.), конечно, можно использовать для работы простого чиллера, однако, как правило, такие установки оборудуются контроллерами.

На рис. 1.6 показана упрощенная схема промышленной аммиачной (обозначение *11*) холодильной установки. Многочисленные приборы автоматизации на схеме не показаны, они аналогичны представленным на предыдущих схемах. Данная установка является одноступенчатой, принцип автоматизации двухступенчатых установок аналогичен.

Компрессоров или, вернее, компрессорных агрегатов в промышленных установках как правило, несколько — каждый управляется собственным промышленным компьютером. Они оборудованы манометрами (или, чаще, датчиками давления, выведенными на компьютер), реле высокого и низкого давления и большим числом дополнительных датчиков на общих всасывающих и нагнетательных коллекторах. В таких машинах могут быть встроенные или внешние отделители масла. Обязательно используется либо термосифонное охлаждение масла (кожухотрубные маслоохладители), либо охлаждение водой. В последнем случае присутствует насос с реле протока и градирня (аппарат, где разбрызгивается вода, сквозь которую продувается вентилятором воздух), охлаждающая воду. Для регулирования температуры конденсации применяют пилотные вентили, в данном случае используемые как регулятор давления.

Конденсаторы в промышленных установках используются испарительные, — в них сверху подается вода, улучшающая теплообмен, поэтому появляется циркуляционный насос.

Из-за большого объема холодильного агента необходимо применение емкостных аппаратов — ресиверов. Все они оборудуются манометрами, предохранительными клапанами (сбрасывающими избыток давления при аварии) и реле уровня. Реле уровня регулируют уровень жидкости в ресивере путем включения-выключения агрегатов.

Если для подачи холодильного агента используется насос, то он оснащается манометрами, реле протока и реле давления или перепада давления.

Испарители могут быть не только воздухоохладителями или кожухотрубными, но и пластинчатыми, а ТРВ — электронным. Практически каждый агрегат и аппарат в такой холодильной установке (для наглядности упрощенной на рис. 1.6. до предела) имеет собственный контроллер или блок управления, соединенный с общим контроллером или промышленным компьютером. Более подробно об этом см. ниже.

Все приведенные выше схемы, — особенно схема автоматизации охладителя жидкости (чиллера) — так же характерны для агрегатов кондиционирования воздуха, немного отличается лишь внешний вид воздухоохладителей и конденсаторов. На рис. 1.6.1. показана схема бытового кондиционера, так называемой сплит-системы, устанавливаемой в квартирах и офисах. Как видно, она практически не отличается от схемы, приведенной на рис. 1.1.

В кондиционерах, для удобства эксплуатации используются исключительно контроллеры и пульты дистанционного управления к ним. В бытовых кондиционерах компрессоры могут быть спиральными или поршневыми, поэтому

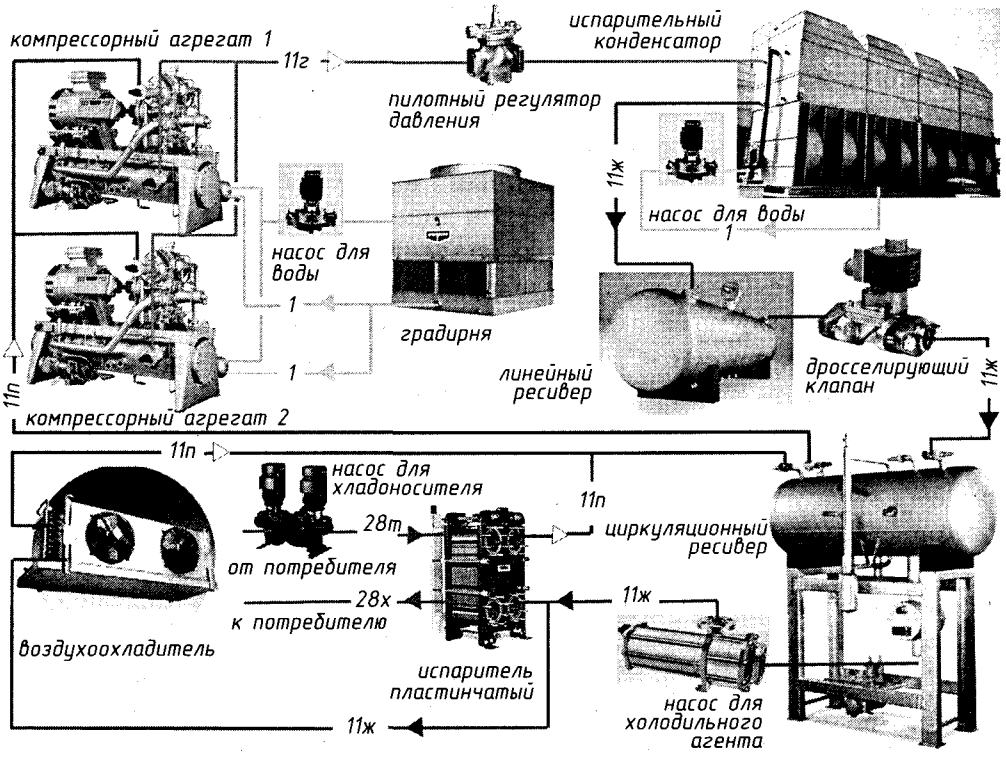



**Рис. 1.6.** Схема промышленной аммиачной холодильной установки

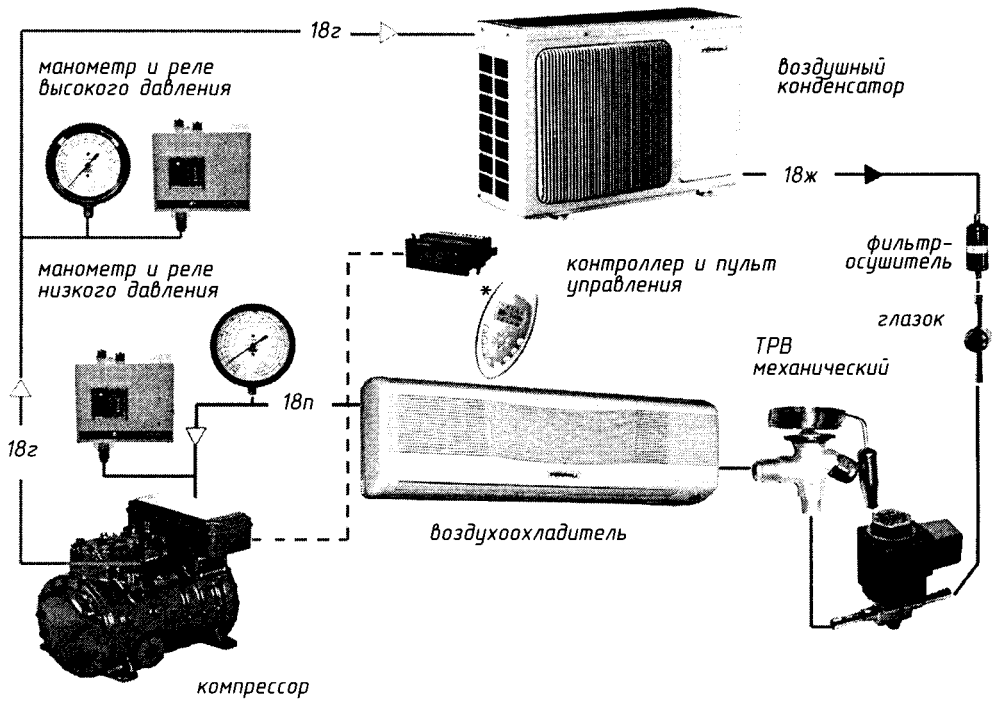



**Рис. 1.6.1.** Схема кондиционера

обычный набор защиты компрессоров устанавливается всегда. По такой схеме работают как оконные кондиционеры, так и сплит-системы (независимо от количества в них воздухоохладителей). В кондиционере может быть также установлен датчик влажности.

На рис. 1.6.2 показана схема автоматизации центрального кондиционера, устанавливаемого в крупных торговых комплексах или на промышленных предприятиях. Охладитель жидкости на рисунке не показан. Задача центрального кондиционера: забрав наружный воздух, его нагреть или охладить и подать в воздуховоды потребителю. Возможна также рециркуляция, то есть подмешивание воздуха с вытяжки или теплообмен этих потоков в рекуперативном теплообменнике.

В связи с этим вся автоматизация кондиционера строится вокруг обслуживания процессов обработки воздуха. Здесь сразу предусматривается достаточно сложный контроллер, который по датчику температуры, установленному в воздуховоде, определяет температуру поступающего воздуха. Согласно заданной программе и конструкции кондиционера, воздух может нагреваться или охлаждаться в секциях кондиционера. Внутри установлены теплообменники, они могут быть как водяными (или для теплоносителя), так фреоновыми (секции охлаждения). Теплоноситель или хладоноситель подается насосом через трехходовой моторный

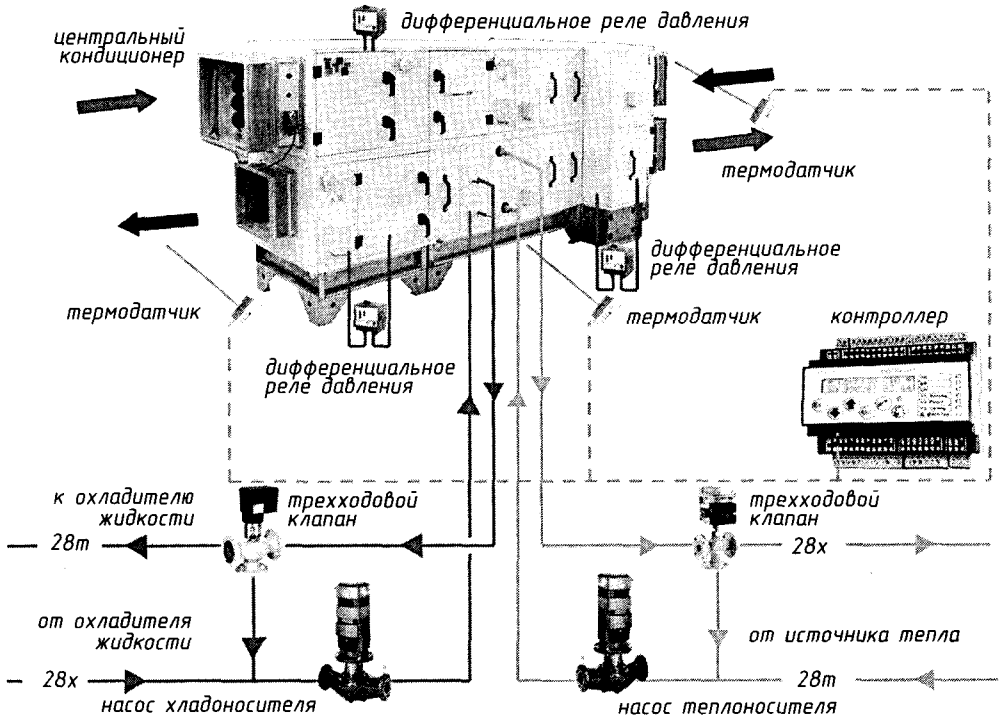



**Рис. 1.6.2.** Схема центрального кондиционера

клапан от источника — чиллера или котельной. Чтобы поддерживать постоянную температуру охлаждающих и нагревающих носителей, через клапаны подмешивается некоторое количество жидкости. Насосы в таких системах обычно работают непрерывно; степенью открытия трехходовых моторных клапанов (вентилей) управляет контроллер, опираясь на сигналы датчиков температуры, поставленных на выходе из соответствующих секций.

Трехходовые клапаны могут быть установлены по-разному; на рис. 1.6.2 показан один из способов установки. Если секции работают в относительно постоянном режиме, то клапаны можно не устанавливать. При использовании охлаждающих секций с непосредственным кипением, — все чаще применяемых для исключения дорогостоящего контура чиллера, насосов, кожухотрубного теплообменника, — эта часть кондиционера работает как любая холодильная компрессионная машина.

В центральном кондиционере, выполняющем разнообразные задачи обработки и очистки воздуха, установлено несколько фильтров. Это металлическая рамка с натянутым на нее фильтрующим материалом. Пыль, споры растений, шерсть животных и различные промышленные загрязнения со временем при-

водят фильтрующий материал в негодность (забивают). Для сигнализации необходимости очистки или замены фильтров устанавливают дифференциальные реле давления. Они измеряют разность давления до и после фильтра. При достижении определенной величины разности (говорящей о загрязненности фильтра), сигнал от реле идет на контроллер, который подаст сигнал о необходимости замены фильтра или отключит весь агрегат.

Также на схеме не показаны моторные задвижки, которые по сигналу контроллера могут открывать и закрывать поток воздуха в воздуховод или из него.

Контроллер по заданному алгоритму управляет всеми процессами обработки воздуха, включая и выключая насосы, увеличивая или уменьшая степень открытия моторных клапанов, а также управляя холодильной машиной или согласовывая свою работу с контроллером холодильной машины.

## 1.2. Приборы и средства автоматизации: условные обозначения на принципиальных схемах.

Компьютеры ненадежны, но люди
еще ненадежнее.
*Законы ненадежности Джилба*

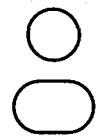
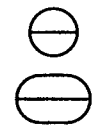
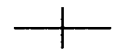
Прежде чем углубляться в изучение приборов автоматизации и функциональных схем, нужно договориться о терминологии. Приведенные выше «схемы», строго говоря, оформлены с нарушением правил, их единственная цель — наглядно показать внешний вид агрегатов и приборов. Теперь поговорим о правильном обозначении различных приборов на схемах.

На функциональных схемах средства и приборы автоматизации обозначаются в соответствии с ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах». Обозначения являются общими для всех отраслей промышленности и практически полностью соответствуют обозначениям, принятым в зарубежной практике. В табл. 1 приведены обозначения приборов и средств автоматизации, принятые в России.

В проектную документацию, разработанную отечественными специалистами, должен включаться раздел «Общие данные», со всеми условными обозначениями, использованными в данной документации. Часто, однако, проектная документация выполняется частично или вовсе отсутствует, а условные обозначения приборов и средств автоматизации представляют собой набор внутренних обозначений фирм-поставщиков оборудования.

Крупные зарубежные компании, как правило, придерживаются сходных обозначений приборов автоматизации и по запросу предоставляют их расшифровки на английском, немецком и других языках.

**Таблица 1.** Обозначения приборов и средств автоматизации в России

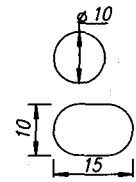
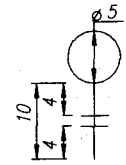
| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| 1. Прибор, устанавливаемый вне щита (по месту):<br>а) основное обозначение<br>б) допускаемое обозначение |  |
| 2. Прибор, устанавливаемый на щите, пульте:<br>а) основное обозначение<br>б) допускаемое обозначение |  |
| 3. Исполнительный механизм. Общее обозначение |  |
| 4. Исполнительный механизм, который при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала:<br>а) открывает регулирующий орган<br>б) закрывает регулирующий орган<br>в) оставляет регулирующий орган в неизменном положении |  |
| 5. Исполнительный механизм с дополнительным ручным приводом<br>*Примечание.* Обозначение может применяться с любым из дополнительных знаков, характеризующих положение регулирующего органа при прекращении подачи энергии или управляющего сигнала |  |
| 6. Линия связи. Общее обозначение |  |
| 7. Пересечение линий связи без соединения друг с другом |  |
| 8. Пересечение линий связи с соединением между собой |  |
| 9. Отборное устройство:<br>а) для постоянно подключенного прибора<br>б) расположенное внутри контура технологического аппарата |  |

Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов обозначают сплошной тонкой линией, соединяющей технологический трубопровод или аппарат с прибором. При необходимости указать конкретное место расположения отборного устройства (внутри контура технологического аппарата) его обозначают окружностью с диаметром 2 мм.

Размеры условных обозначений приборов и средств автоматизации, которых следует придерживаться, приведены в табл. 2. Меньшие размеры не допускаются, так как чтение схем такого рода крайне затруднительно при монтажных работах в условиях недостаточного освещения; к тому же чертежи зачастую передаются по факсу и подвергаются затем многократному ксерокопированию.

Средства машинной графики (*AutoCAD*) и вывода (плоттеры и принтеры) позволяют, соблюдая требования ГОСТ 21.404-85, составлять функциональные схемы автоматизации без каких либо затруднений. Кроме того, обозначения многочисленных приборов автоматизации, выполненные без соблюдения утвержденных размеров, придают чертежу неаккуратный вид, что негативно сказывается на предоставленной проектной документации в целом, даже если принципиальная схема автоматизации выполнена технически безупречно.

**Таблица 2.** Размеры условных обозначений приборов и средств автоматизации

| Наименование | Обозначение |
|---|---|
| Прибор:<br>а) основное обозначение<br><br>б) допускаемое обозначение |  |
| Исполнительный механизм |  |

Кроме графических обозначений приборов, применяют буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов. Буквами можно обозначить любой прибор, измеряющий или контролирующий какую-либо величину.

Иногда встречаются приборы автоматизации, свойственные какому-то одному специфическому технологическому процессу — например, датчик пены, применяемый в процессах регенерации углекислоты на пивоваренных заводах. Отнести такой прибор к датчикам уровня или датчикам концентрации будет некорректно. Поэтому в буквенных обозначениях для приборов такого рода предусмотрены резервные буквы. При их употреблении авторам схемы следует указать расшифровку в Общих данных и на чертежах. Многофункциональные приборы, например, контроллеры, процессоры и промышленные компьютеры обозначаются сразу несколькими буквами, показывающими возможности данного прибора автоматизации. В зарубежной практике подобные обозначения применяются с незначительными отклонениями. На зарубежных схемах могут встречаться достаточно необычные буквенные сочетания, но не следует считать это ошибкой. В схемах автоматизации, связанных с пищевыми производствами, особенно часто используются необычные исполнительные механизмы, — например, четырехходовой шаровый регулирующий вентиль с пневматическим приводом, либо дисковый затвор с электроприводом, устанавливаемый на всасывающую линию аммиачного компрессора. Основные буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов приведены в табл. 3.

Высота букв в обозначениях равняется 2,5 мм. В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функциональные признаки прибора, определяющие его назначение. В нижней части — цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.

Порядок расположения букв в буквенном обозначении:

1. основное обозначение измеряемой величины;
2. дополнительное обозначение измеряемой величины (при необходимости);
3. обозначение функционального признака прибора.

При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления) является наименованием измеряемой комплектом величины.

Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы *H*.

Порядок расположения буквенных обозначений функциональных признаков прибора принимают с соблюдением следующей последовательности: *I, R, C, S, A*.

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые использованы в данной схеме.

**Таблица 3.** Основные буквенные обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов

| Обозначение | Измеряемая величина | | Функциональный признак прибора | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Основное обозначение измеряемой величины | Дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину | Отображение информации | Формирование выходного сигнала | Дополнительное обозначение |
| A | + | — | Сигнализация | — | — |
| B | + | — | — | — | — |
| C | + | — | — | Автоматическое регулирование, управление | — |
| D | Плотность | Разность, перепад | — | — | — |
| E | Электрическая величина | — | + | — | — |
| F | Расход | Соотношение, доля, дробь | — | — | — |
| G | Размер, положение, перемещение | — | + | — | — |
| H | Ручное воздействие | — | — | — | Верхний предел измеряемой величины |
| I | + | — | Показание | — | — |
| J | + | Автоматическое переключение, обегание | — | — | — |
| K | Время, временная программа | — | — | + | — |
| L | Уровень | — | — | — | Нижний предел измеряемой величины |
| M | Влажность | — | — | — | — |
| N | + | — | — | — | — |
| O | + | — | — | — | — |
| P | Давление, вакуум | — | — | — | — |
| Q | Величина, характеризующая качество: состав, концентрацию и т.д. | Интегрирование, суммирование по времени | — | + | — |
| R | Радиоактивность | — | Регистрация | — | — |
| S | Скорость, частота | — | — | Включение, отключение, переключение, блокировка | — |
| T | Температура | — | — | + | — |
| U | Несколько разнородных измеряемых величин | — | — | — | — |
| V | Вязкость | — | + | — | — |
| W | Масса | — | — | — | — |
| X | Не рекомендуемая резервная буква | — | — | — | — |
| Y | + | — | — | + | — |
| Z | + | — | — | + | — |

*Примечание. Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», являются резервными, а отмеченные знаком «—» не используются.*

Букву *A* применяют для обозначения функции «сигнализация», независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или ее лампы встроены в прибор.

Букву *S* применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и для сигнализации одновременно в обозначении прибора используют обе буквы: *S* и *A*.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка или сигнализация допускается конкретизировать добавлением букв *H* и *L*. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

Если необходимо конкретизировать измеряемую величину, справа от графического обозначения прибора допускается указывать наименование или символ этой величины.

Для обозначения величин, не предусмотренных данным стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

Подвод линий связи к прибору изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). Направление передачи сигнала на линиях связи показывают стрелками. Принцип построения условного обозначения прибора приведен на рис. 1.7.

Дополнительные буквенные обозначения, используемые для указания дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств, указаны в табл. 4.

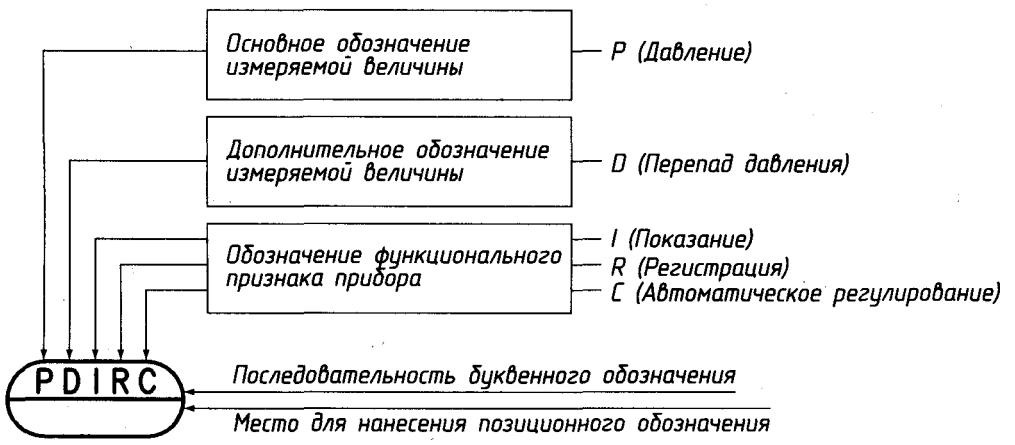



**Рис. 1.7.** Принцип построения условного обозначения прибора автоматизации

**Таблица 4.** Дополнительные буквенные обозначения для дополнительных функциональных признаков приборов, преобразователей сигналов и вычислительных устройств

| Наименование | Обозначение | Назначение |
|---|---|---|
| Чувствительный элемент | *E* | Устройства, выполняющие первичное преобразование: *преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи* сопротивления, датчики пирометров, сужающие устройства расходомеров и т.п. |
| Дистанционная передача | *T* | Приборы бесшкальные с дистанционной передачей сигнала: манометры, дифманометры, манометрические термометры |
| Станция управления | *K* | Приборы, имеющие переключатель для выбора вида управления и устройство для дистанционного управления |
| Преобразование, вычислительные функции | *Y* | Для построения обозначений преобразователей сигналов и вычислительных устройств |

Таковы общие принципы построения обозначений приборов на функциональных схемах автоматизации. В холодильной технике применяются далеко не все буквенные обозначения, однако при чтении схем автоматизации технологических процессов характерных для пищевых производств, где применяется множество своеобразных приборов, знание назначения приборов и общих принципов автоматизации необходимо. Часто схемы автоматизации холодильной установки и технологического оборудования объединены.

Прежде чем приступить к описанию автоматизируемых в холодильных установках процессов, необходимо изучить устройство приборов и средств автоматизации. Далее будет подробно рассказано о приборах автоматизации, применяемых в холодильной технике, их конструкции, особенностях и обозначении на функциональных схемах автоматизации.

## 1.2.1. Индикация, контроль, регулирование давления

*Манометр, вакуумметр, дифференциальный манометр.* Манометр является наиболее распространенным прибором для отображения давления. Принцип работы манометра основан на том, что плоская трубка Бурдона (рис. 1.8*а*), полая внутри, соединена с отборной частью манометра. На рис. 1.8*б* показано соединение трубки и латунного корпуса. Давление воз-




**Рис. 1.8.** Устройство манометра: *а* — конструкция (*1* — трубка Бурдона, *2* — тяга, *3* — зубчатый сектор, *4* — шестерня (трибка), *5* — спиральная пружина (волосок); *б* — механизм манометра без корпуса

действует на трубку: и чем оно больше, тем сильнее трубка стремится распрямиться. Конец трубки соединен с рычагом, а тот, в свою очередь, с тягой, имеющей зубчатый сектор. Стрелка насажена на ось, где закреплена шестеренка; зубчатый сектор, проворачиваясь, проворачивает на валу шестерню, которая и вращает стрелку манометра. Назад стрелку возвращает пружина, закрепленная на оси со стрелкой.

Манометры для холодильной техники очень разнообразны; как правило, они выпускаются со шкалой температуры на несколько холодильных агентов (рис. 1.9). Температурная шкала может быть нанесена на стекло (прозрачную крышку), — такие стекла выполняют съемными, поэтому теоретически один манометр может быть использован для измерения давления нескольких фреонов. Этого, однако, следует избегать, так как манометр загрязняется различными маслами, которые могут быть несовместимыми. Манометры для фреона изготавливают с механизмами из латуни, для аммиака (рис. 1.10*а*) — из коррозионостойкой стали, для воды и хладоносителей — из латуни и различных сталей (рис. 1.10*б*). Подключение манометров осуществляется радиально вниз (см. рис. выше), или сзади — осевое подключение (рис. 1.10*в*). Подбирать манометр следует таким образом, чтобы рабочая область шкалы находилась

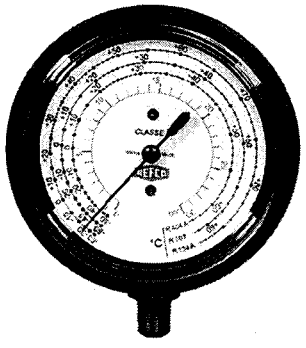


**Рис. 1.9.** Внешний вид фреонового манометра

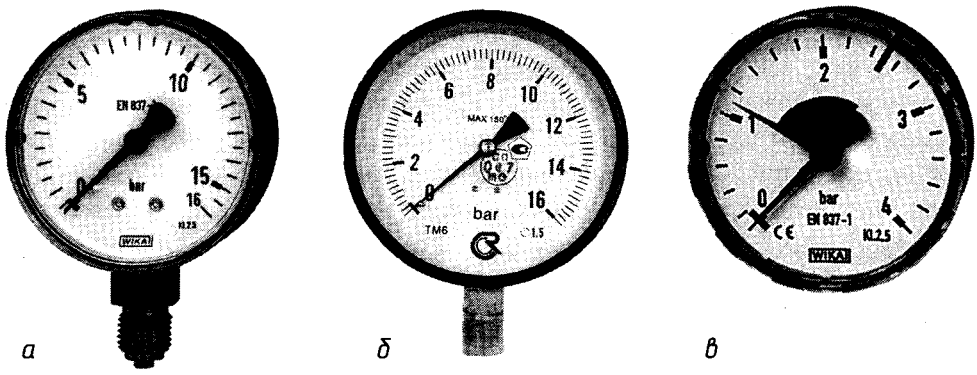
в первой трети. На некоторых манометрах устраивают специальную стрелку, показывающую, какое давление должно быть на манометре при штатной работе системы; сектора этой шкалы окрашены в различные цвета, показывающие в нормальной, опасной или аварийной зоне находится давление.

Применяемые в холодильной технике манометры высокого и низкого давления, как правило, имеют шкалу вакуума. На манометрах или, вернее, мановакуумметрах шкала вакуума для стороны низкого давления шире, чем для высокого. Собственно вакуумметры применяются достаточно редко.

Маслозаполненные (наполненные глицерином или другими жидкостями) манометры устанавливаются на линиях высокого давления, где характерны пульсации давления в трубопроводе, жидкость предназначена для компенсации дрожания стрелки. Манометры с электроконтактами, где стрелка, достигнув определенного значения давления, замыкает контакт и подает сигнал, используются редко.

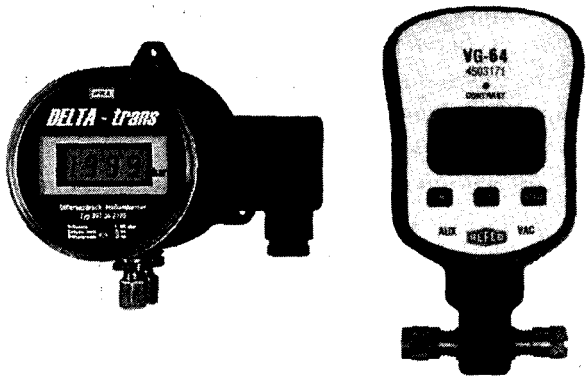
Корпус манометров для стороны всасывания окрашивается в синий цвет, корпус манометров для стороны нагнетания — в красный. Манометры для аммиака, как правило, имеют хромированный корпус или корпус из полированной стали, манометры для воды и хладоносителей — также хромированный, либо пластмассовый черный.

Применяются также дифференциальные манометры, показывающие разность давления. Их устанавливают на агрегатах (например, насосах) или трубопроводной арматуре (фильтрах), где из-за неполадок или загрязнения возможна разность давлений больше или меньше допустимой величины. Обыч-



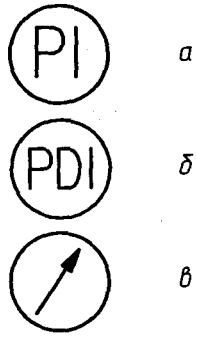

*а* *б* *в*

**Рис. 1.10.** Различные манометры: *а* — манометр для аммиака; *б* — манометр для хладоносителя; *в* — манометр для воды со стрелкой, устанавливаемой на рабочее давление, окрашенным сектором и осевым подключением




*а* *б*

**Рис. 1.11.** Цифровые манометры: *а* — дифференциальный манометр; *б* — манометр для различных сред




*а*

*б*

*в*

**Рис. 1.12.** Условные обозначения манометров: *а* — манометр; *б* — дифференциальный манометр; *в* — встречающееся обозначение на принципиальных схемах

ные дифференциальные манометры постепенно вытесняются электронными (цифровыми) дифференциальными манометрами, имеющими возможность подавать сигналы на контроллер, а не только визуально отображать перепад давления (рис. 1.11*а*). Цифровые манометры и вакуумметры (рис. 1.11*б*) распространяются, несмотря на ряд недостатков: нестабильность показаний при низких и высоких температурах, необходимость источника питания. Электронные вакуумметры часто являются пороговыми, то есть при достижении определенного уровня вакуума зажигается светодиод.

Обозначение манометра на функциональных схемах автоматизации показано на рис. 1.12*а*. Буква *P* означает, что прибор измеряет давление, *I* — что прибор показывающий. На рис. 1.12*б* показано обозначение дифференциального манометра на схемах: *P* — давление, *D* — дифференциал, *I* — показывающий. На рис. 1.12*в* приведено обозначение, часто встречающееся на схемах, однако использовать его не следует, так как оно не соответствует ГОСТ 21.404-85.

*Реле давления, дифференциальные реле давления.* Реле давления предназначены для включения или выключения агрегата или механизма по достижении заданного давления. Дифференциальные реле давления защищают агрегаты и аппараты: в случае уменьшения перепада давления (например, между всасыванием и нагнетанием насоса или входом и выходом теплообменника) реле отключают агрегаты.

Устройство одинарного реле давления (рис. 1.13) таково: давление отбирается от холодильной установки и через присоединение *10* подается на

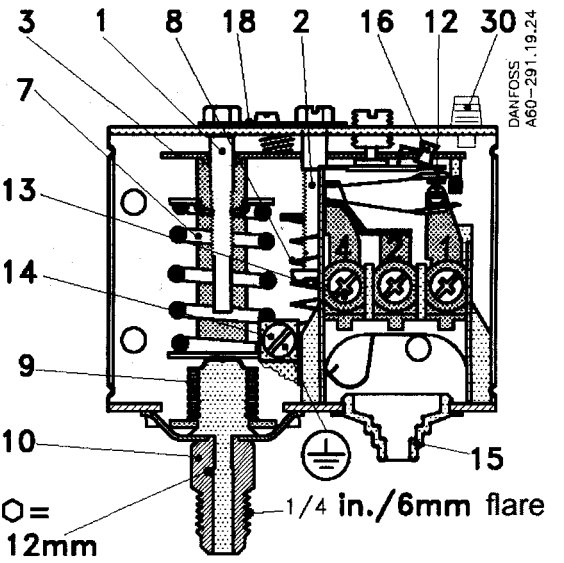



**Рис. 1.13.** Фрагмент каталога фирмы *Danfoss*, реле давления КР-1: *1* — винт настройки низкого давления (*LP*); *2* — винт настройки дифференциала (LP); *3* — основание; *7* — пружина; *8* — пружина дифференциала; *9* — сильфон; *10* — присоединение низкого давления; *12* — контакты; *13* — клеммы; *14* — заземление; *15* — сальник ввода кабеля; *16* — тумблер; *18* — стопорная пластина; *19* — основание; *30* — кнопка сброса (*Reset*)

сильфон. Сильфон представляет собой гофрированную трубку, способную сжиматься и разжиматься. Сверху на сильфон воздействует пружина *7*, поджимаемая настроечным винтом. Винт позволяет задавать давление (уставку), при котором будет срабатывать реле. К винту присоединяется полозок, показывающий настройку на шкале в специальном окошечке. Дифференциал срабатывания настраивается винтом *2* и исполняется пружиной *8*. Таким образом, давление, учитывая противодействие настроенной винтом пружины и настроенный дифференциал, через сильфон воздействует на контакты *12*. Контакты размыкаются и двигатель агрегата обесточивается, защищаясь от перепада давления.

Реле низкого давления (рис 1.15а) защищает компрессор от падения давления на всасывании, поэтому при падении давления размыкаются контакты *1* и *4*, отключая электропитание двигателя компрессора, и замыкаются контакты *1* и *2*, подавая сигнал об аварии на лампочку в щите.

Реле высокого давления, предохраняющее компрессор от повышения давления нагнетания, имеет несколько иную последовательность срабатывания контактов. При превышении давления контакты *1* и *2* размыкаются, отключая двигатель; контакты *1* и *4* замыкаются, подавая сигнал об аварии. Кабели заводятся через сальник *15* на клеммы *13*. Реле обязательно зануляется (заземляется) присоединением зануляющего (заземляющего) кабеля к *14*. Выпускаются реле давления с автоматическим возвратом и ручным сбросом. Автоматические реле при срабатывании отключают двигатель, а при возвращении давления в пределы настройки — вновь включают. Реле с ручной де-

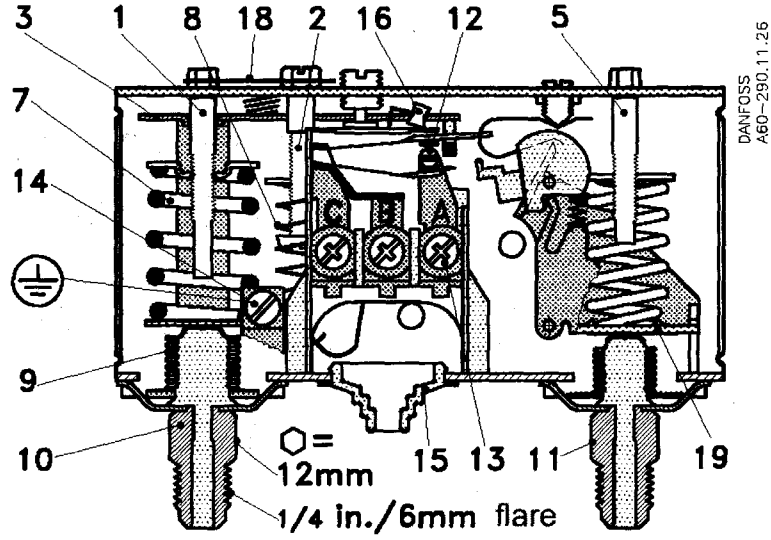



**Рис. 1.14.** Фрагмент каталога фирмы *Danfoss*, сдвоенное реле давления КР-15: *1* — винт настройки низкого давления (*LP*); *2* — винт настройки дифференциала (*LP*); *3* — основание; *5* — винт настройки высокого давления (*HP*); *7* — пружина; *8* — пружина дифференциала; *9* — сильфон; *10* — присоединение низкого давления; *11* — присоединение высокого давления; *12* — контакты; *13* — клеммы; *14* — заземление; *15* — сальник ввода кабеля; *16* — тумблер; *18* — стопорная пластина; *19* — основание

блокировкой после срабатывания остаются в этом положении, пока не будет нажата кнопка сброса (*Reset*) вверху прибора *30*. Чтобы настройка винтов случайно не сбилась, предусмотрена стопорная пластина *18*.

Сдвоенные реле давления (рис. 1.14) объединяют в одном корпусе реле низкого и высокого давления. Устройство их аналогично устройству описанного выше одинарного реле давления. Небольшое отличие сдвоенных реле в том, что при срабатывании любой их части, по высокому или низкому давлению, размыкаются контакты *A* и *C*, отключая двигатель и замыкаются

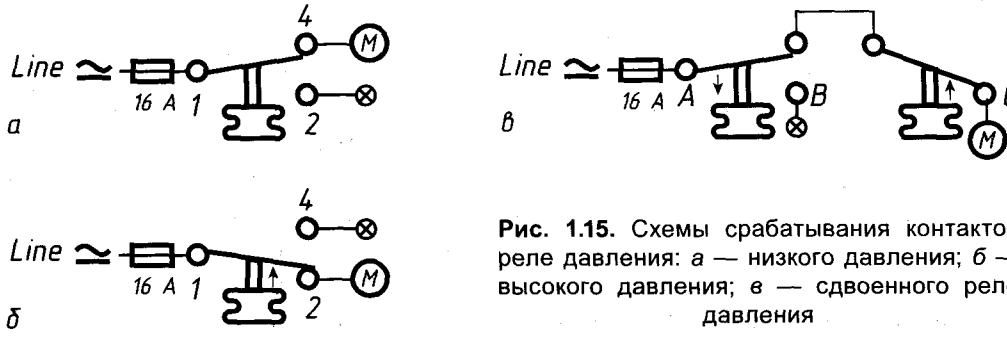
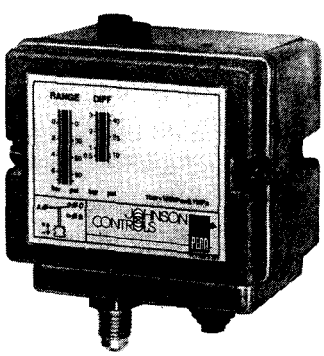
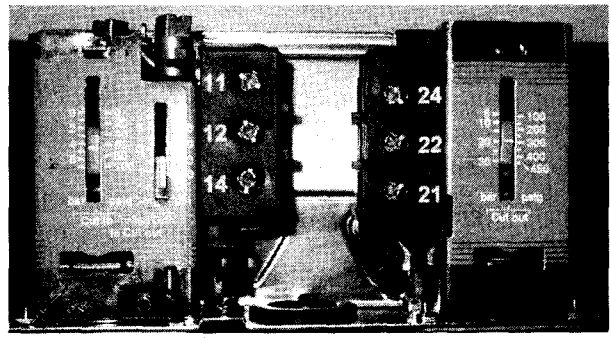



**Рис. 1.15.** Схемы срабатывания контактов реле давления: *а* — низкого давления; *б* — высокого давления; *в* — сдвоенного реле давления




*а* *б* *в*




**Рис. 1.16.** Реле давления: *а* — реле давления *Johnson Controls*; *б* — сдвоенное реле давления *Ranco* со снятым корпусом; *в* — условное обозначение реле давления и реле давления с сигнализацией

контакты *А* и *В*, подавая сигнал аварии на лампочку в щите. В остальном устройство сдвоенных реле давления аналогично устройству любых других реле давления.

На рис. 1.15 приведены условные изображения срабатывания контактов реле низкого и высокого давления и сдвоенного реле давления. Буквой *М* в круге условно обозначен двигатель, окружностью с крестиком — сигнальная лампочка на щите. На рис. 1.16*а* и *б* показан внешний вид различных реле давления; как видно, корпус их выполнен из пластика, внутренние механизмы стальные. Отборные части реле, предназначенных для фреона, делают латунными, для аммиака — стальными, для воды и хладоносителей — из латуни и различных сталей.

Обозначение реле давления на функциональных схемах автоматизации показано на рис. 1.16*в*. Буква *Р* обозначает давление, *S* — включение/отключение/блокировку, *А* — сигнализацию.

*Дифференциальные реле давления, как правило, используются в холодильной технике как реле контроля смазки* — элемент защиты компрессора и насоса при снижении подачи масла или для защиты теплообменника от замерзания. Для смазывания компрессора применяется насос для масла. При снижении подачи масла механизмы компрессора выходят из строя, поэтому для защиты компрессора от недостаточной смазки устанавливают дифференциальное реле давления, называемое реле контроля смазки. В случае приме-

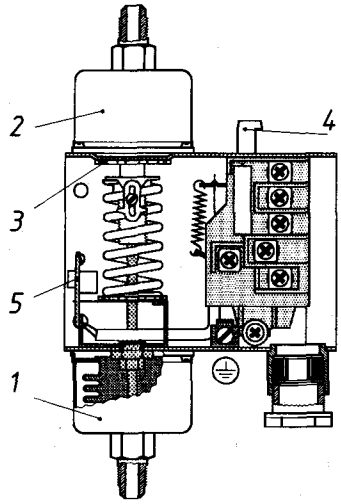



**Рис. 1.17.** Фрагмент каталога фирмы *Danfoss*, реле контроля смазки *MP-55*: *1* — присоединение масла с нагнетания насоса; *2* — присоединение со стороны низкого давления (*LP*); *3* — настроечный диск; *4* — кнопка сброса (*Reset*); *5* — устройство проверки

нения реле для теплообменников, если в насосе для хладоносителя или воды резко снижается перепад давления между всасыванием и нагнетанием, дифференциальное реле давления получает сигнал о неполадках и отключает насос. Теплообменник также необходимо защищать: например в нем охлаждается вода, по какой-то причине температура охлаждающей жидкости падает, вода в теплообменнике замерзает и повреждает его. Дифференциальное реле давления отслеживает растущий перепад давления на входе и выходе и вовремя отключает холодильную установку, а также подает сигнал об аварии на теплообменнике.

Устройство реле контроля смазки MP–55 (рис. 1. 17): давление масла, отбираемое с нагнетания насоса для масла, установленного на валу компрессора или отдельно, воздействует на сильфон *1* снизу. Давление, отбираемое со стороны низкого давления, обычно из картера компрессора (в инструкциях по подключению каждого конкретного производителя компрессора, указано к каким штуцерам присоединять

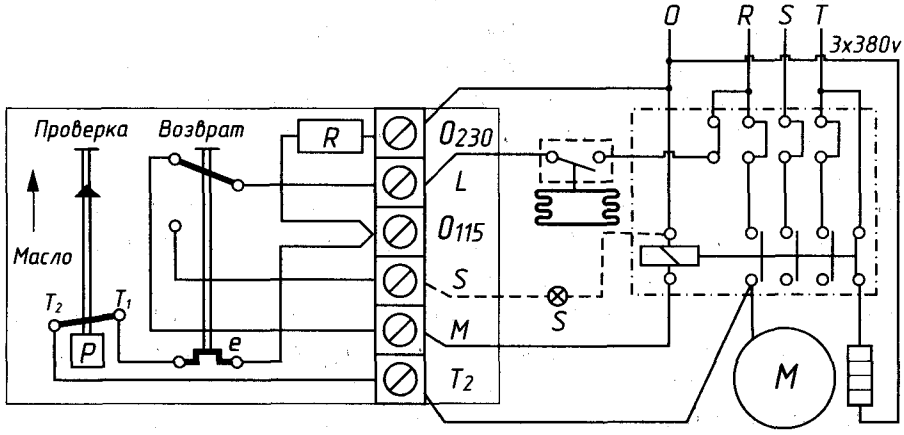


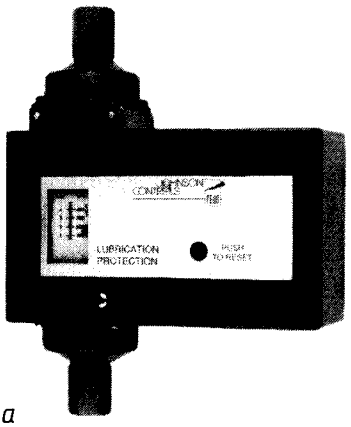

**Рис. 1.18.** Схема срабатывания контактов реле контроля смазки MP-55

реле), воздействует на верхний сильфон *2*. Между сильфонами расположена пружина, настраиваемая на необходимый перепад давления на заводе-изготовителе. Этот дифференциал можно изменять в незначительных пределах при помощи настроечного диска *3*. Реле контроля смазки марки *MP*-54 и ряд других реле настроечного диска не имеют, дифференциал является фиксированным. Устройство проверки *5* позволяет принудительно замкнуть контакты реле контроля смазки для проверки срабатывания. Ввод кабелей на клеммы осуществляется через сальник, расположенный снизу, реле зануляется (заземляется). Сверху расположена кнопка ручной деблокировки реле (*Reset*). Реле контроля смазки имеет встроенное реле времени, дающее задержку срабатывания 45–120 с (в зависимости от модели). Это необходимо, так как насос для масла сразу не может дать необходимый напор. Корпус реле выполняется из металла, на нем отсутствует шкала настройки. Закрепляется реле контроля смазки непосредственно на компрессоре. Дифференциальные реле давления, применяемые для других целей, имеют примерно аналогичное устройство. Некоторое отличие в конструкции, но не в принципе действия имеют дифференциальные реле давления, применяемые в холодильной технике для защиты конденсаторов и в кондиционировании для предохранении фильтров от загрязнения. Такие реле отключают вентиляторы, когда перепад давления на загрязненной теплообменной поверхности или фильтре превышает допустимую величину.

На рис. 1.18 показана схема срабатывания контактов реле контроля смазки *MP*-55. Когда все контакты замкнуты, реле обеспечивает запуск электродвигателя компрессора, подводящего электропитание по фазам *R, S, T*. Давление масла после насоса давит на сильфон и поддерживает контакт замкнутым. Как только давление масла падает, контакт разрывается и двигатель отключается от электропитания. Кнопка сброса (*Reset*) предназначена для сброса сигнала аварии и включения электродвигателя компрессора. Кнопка проверки (*Test*) позволяет проверить работоспособность реле контроля смазки, принудительно разомкнув контакты. Конечно, как видно из схемы, устройство реле контроля смазки гораздо более сложное, однако для понимания принципа работы прибора достаточно изложенных сведений.

Внешний вид реле контроля смазки показан на рис. 1.19*а*. Часто прибор устанавливается непосредственно на поршневом компрессоре и подключается гибкими шлангами. В комплекте с реле контроля смазки поставляются трубки с накидными гайками, предназначенными для различных вариантов установки реле на компрессоре.

Отборные устройства реле контроля смазки выполнены из стали. Выпускаются реле только для фреонов и универсальные — для фреонов и аммиака. Не следует использовать реле, предназначенные для фреона и аммиака,




*а*

*б*

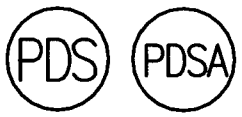



**Рис. 1.19.** РКС: *а* — внешний вид реле контроля смазки; *б* — условное обозначение реле контроля смазки и реле контроля смазки с сигнализацией

для воды и хладоносителей, они быстро выйдут из строя.

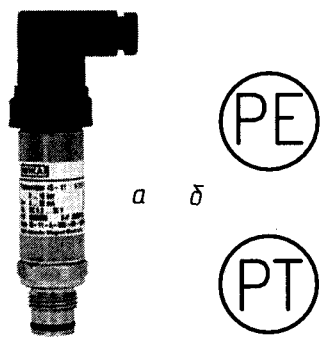
Обозначение реле давления на функциональных схемах автоматизации показано на рис. 1.19, *б*. Буква *P* обозначает давление, *D* — дифференциал, *S* — включение/отключение/блокировку, А — сигнализацию.

*Датчики давления.* Это неотъемлемый атрибут автоматизации холодильных установок, они широко используются в крупных компрессорных агрегатах. Датчик давления преобразует давление в трубопроводе в электрический сигнал, который различают контроллеры. Это позволяет в любое время получать достоверную информацию о давлении, а, следовательно, и о температуре. Сигналы, поступающие от датчиков давления, весьма разнообразны, поэтому те или иные датчики подходят не каждому контроллеру. На рис. 1.20*а* показан датчик давления, применяющийся в холодильной технике.

Полная автоматизация холодильных установок, постепенно вытесняющая комплексную, подразумевает широкое применение датчиков давления.

Датчики давления (для фреонов, аммиака, воды и хладоносителей) имеют, как правило, стальной корпус. Условное обозначение датчиков давления на схемах функциональных автоматизации показано на рис. 1.20*б*. Буква *P* обозначает давление, *E* — электрическую величину, *T* — преобразование сигнала, *A* — сигнализацию.

*Регуляторы давления.* Регулятор давления конденсации применяется в зимнее время. В это время года из-за пониженной температуры окружающей среды жидкий холодильный агент из более теплого ресивера перетекает в конденсатор. Для предотвращения этого существует несколько способов; одним из них является установка регулятора давления кон-




*а* *б*

**Рис. 1.20.** Датчики давления: *а* — датчик давления с сальниковым вводом и съемной верхней частью; *б* — условные обозначения датчика давления и датчика давления с преобразованием сигнала

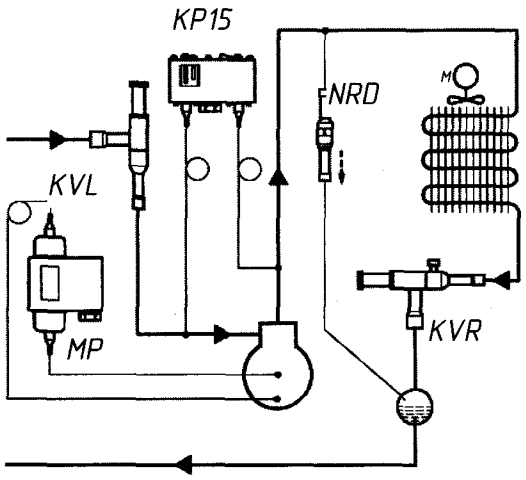



**Рис. 1.21.** Схема подключения *KVR* + *NRD* *(см. пояснения в тексте)*

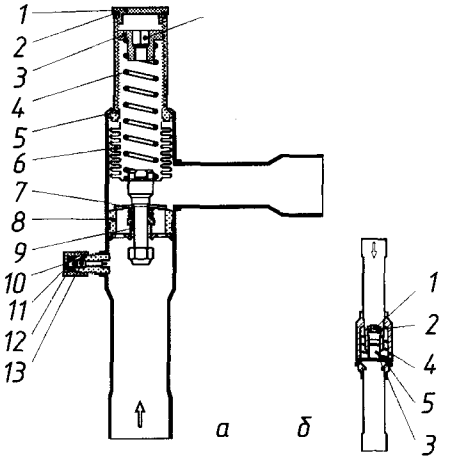



**Рис. 1.22.** Комплект для регулирования давления конденсации *Danfoss*: *а* — регулятор давления конденсации *KVR*; *б* — обратный клапан *NRD* (см. пояснения в тексте)

денсации на линии жидкого холодильного агента между конденсатором и ресивером. Регулятор давления является своего рода настраиваемым обратным клапаном, который пропускает в сторону ресивера жидкий холодильный агент только при определенном давлении конденсации и не пропускает холодильный агент из ресивера в конденсатор (рис. 1.21).

На рис. 1.22*а* показано устройство регулятора давления конденсации *KVR*. В верхней части расположена крышка *1*, с прокладкой *2*. Настроечный винт *3* позволяет регулировать настройку пружины *4*. В корпусе *5* расположен компенсационный сильфон *6*. Клапан имеет клапанную пластину *7*, седло *8* и демпфер *9*. К регулятору можно подключить манометр, посредством клапана Шредера *10*, который состоит из колпачка *11*, уплотнения *12* и ниппеля *13*. Применяют регулятор давления конденсации совместно со специальным обратным клапаном *NRD*, который позволяет части пара с нагнетания компрессора, минуя конденсатор, попадать в ресивер. Устройство обратного клапана показано на рис. 1.22*б*. Обратный клапан состоит из поршня *1*, клапанной пластины *2*, направляющей поршня *3*, корпуса *4* и пружины *5*.

Такие регуляторы давления с медным корпусом применяются на фреоновых холодильных установках. Часто кроме регулятора давления на жидкостной линии между конденсатором и ресивером устанавливают дополнительный обратный клапан, дублирующий регулятор, так как в некоторых случаях регулятор все же пропускает жидкий холодильный агент. На рис.

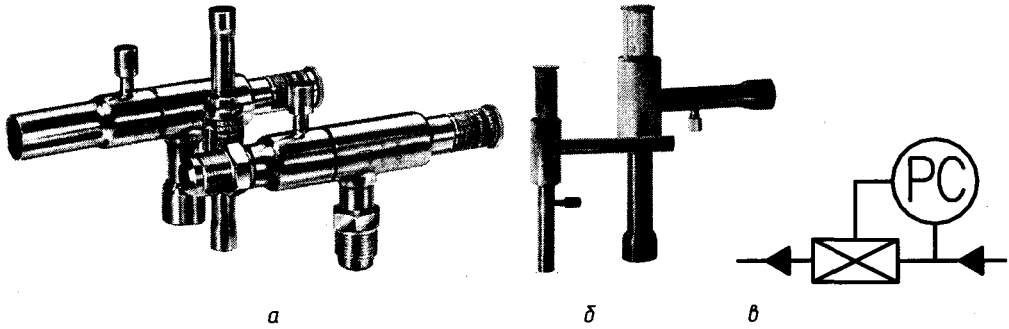



**Рис. 1.23.** Регуляторы давления: *а* — внешний вид регуляторов давления конденсации обратного клапана *KVR*; *б* — регулятор давления кипения *PRE*; *в* — обозначение на схемах

1.23 показан внешний вид регуляторов давления конденсации и обратного клапана, пример возможного монтажа на холодильной установке и обозначение на принципиальных и функциональных схемах автоматизации.

Регулятор давления конденсации является регулятором «до себя», то есть поддерживает заданное давление до себя. На схемах он обозначается как регулирующий вентиль, со значком, показывающим, что регулирование давления осуществляется «до себя». *Р* — означает давление, *С* — автоматическое регулирование.

*Регуляторы давления в ресивере.* Регулятор давления в ресивере позволяет поддерживать в нем постоянное давление. При падении давления в ресивере, регулятор перепускает со стороны высокого давления холодильный

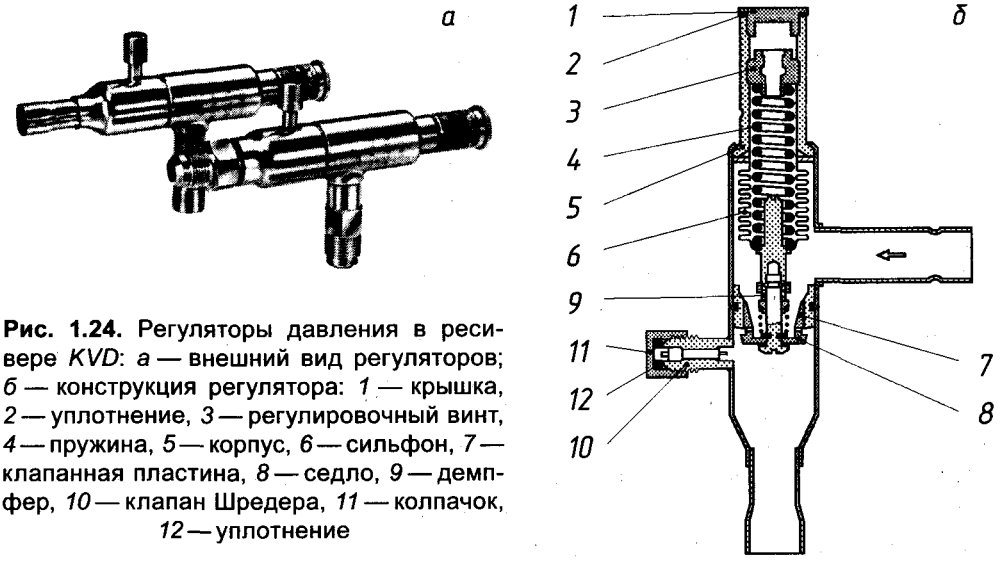



**Рис. 1.24.** Регуляторы давления в ресивере *KVD*: *а* — внешний вид регуляторов; *б* — конструкция регулятора: *1* — крышка, *2* — уплотнение, *3* — регулировочный винт, *4* — пружина, *5* — корпус, *6* — сильфон, *7* — клапанная пластина, *8* — седло, *9* — демпфер, *10* — клапан Шредера, *11* — колпачок, *12* — уплотнение

агент, повышая давление до необходимого. Как правило, применяются совместно с регуляторами давления конденсации, с которыми сходны по конструкции и функционированию. На рис. 1.24 показан внешний вид и устройство регулятора давления в ресивере. На принципиальных схемах и схемах автоматизации данный регулятор обозначается аналогично регулятору давления конденсации.

Существует большое количество различных регуляторов давления: регулятор давления кипения, регулятор производительности, регулятор давления в картере и т.п., их устройство аналогично описанным выше регуляторам, обозначаются они так же и мало распространены в схемах холодильных установок.

*Пилотные вентили.* Это наиболее многофункциональные приборы, позволяющие регулировать давление и температуру в холодильных установках. Как правило, пилотные вентили используются с так называемым основным вентилем, который представляет собой корпус, куда ввинчиваются пилотные вентили. Они могут также подключаться во внешние пилотные линии. На рис. 1.25 показано устройство основных вентилей типа РМ 1 (подключение одного пилотного вентиля или внешней линии) и РМ 3 (подключение трех пилотных вентилей или внешних линий).

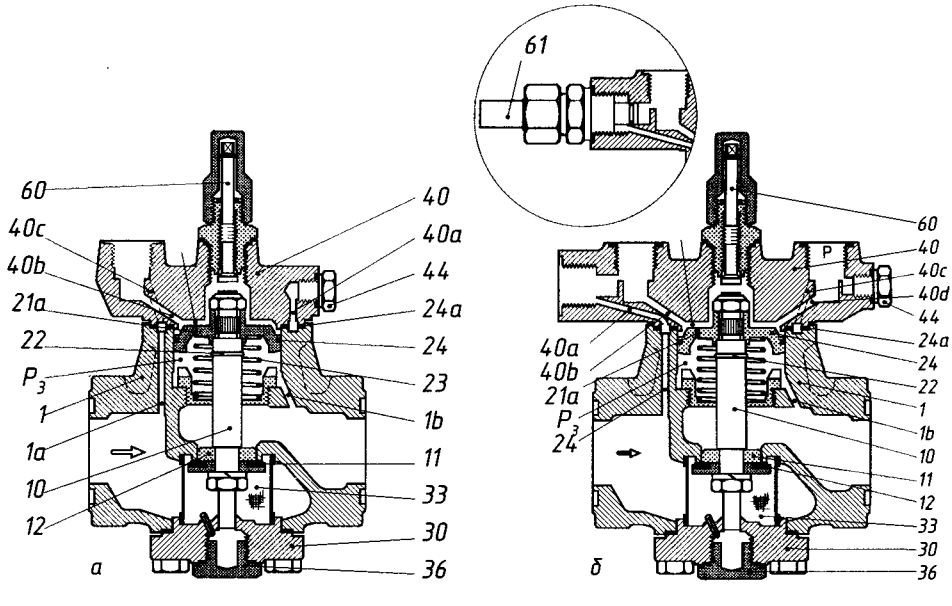



**Рис. 1.25.** Основные вентили: *а* — РМ 1; *б* — РМ 3 (см. пояснения в тексте)

Основной вентиль состоит из корпуса вентиля *1*, в котором устроены каналы *1a* и *1b*. Вентиль имеет шток *10*, на котором закреплена тефлоновая клапанная пластина *11* и дросселирующий конус *12*. В усилительном поршне *24* выполнено уравнительное отверстие *21*а. На штоке установлено стопорное кольцо *22*. В основном вентиле две крышки — нижняя *30* и верхняя *40*, имеющие уплотнения (подобно уплотнению верхней крышки *24*а). Нижняя крышка служит для доступа к фильтру *33* и имеет заглушку *36*. Верхняя крышка предназначена для установки в ней пилотных вентилей и имеет каналы *40a, 40b, 4c и 40d*. Каналы связывают полость основного вентиля с пилотными вентилями, в крышке выполнено присоединение отбора давления *44*, закрытое заглушкой в нерабочем положении. Для управления вентилем вручную предназначен шпиндель *60*. При необходимости подключения внешней пилотной линии используется подключение *61*. Пилотные вентили подключаются в гнезда *S I, S II* и *P* — гнездо для установки пилотного вентиля при параллельном подключении. Давление на входе в основной вентиль обозначается $P_1$, на выходе — $P_4$, давление сверху усилительного поршня — $P_2$, снизу — $P_3$.

В случае, если давление $P_2 = P_4$, основной вентиль находится в закрытом положении, при давлении $P_2 = P_4 + 0{,}2$ бар и больше, основной вентиль полностью открыт. При давлениях $P_4 \leq P_2 \leq P_4 + 0{,}2$ бар основной вентиль открывается пропорционально. Если разность давления между $P_2$ и $P_3$ находится между 0,07 бар и 0,2 бар, основной вентиль также открывается пропорционально.

Пилотные вентили, ввинчивающиеся в основной вентиль, разделяются на управляемые давлением — рис. 1.26 *а, в*: *CVP* (*LP*), *CVP* (*HP*), для стороны низкого и высокого давления соответственно; управляемые разностью давлений — рис. 1.26 *б, г*: *CVPP* (*LP*), *CVPP* (*HP*); управляемый давлением *CVC* с дополнительным подключением давления; управляемый температурой *CVT*; управляемый контроллером CVQ; нормально закрытый и нормально закрытый соленоидный клапан *EVM* (рис. 1.27).

Во внешних линиях устанавливаются пилотные вентили, управляемые давлением *CVM*, *CVMH*, соответственно для стороны низкого и высо кого давления; управляемый разностью давлений *CVMP*; управляемый моторным приводом *CVMM*; пилотный вентиль без электропривода *CVM*(*M*) и ряд других. Наиболее часто встречающиеся комбинации основных и пилотных вентилей представлены на рис. 1.28 и 1.29. На рис. 1.28 представлены комбинации на основном вентиле РМ 1, на рис. 1.29 — на основном вентиле РМ 3. Комбинации на основном вентиле РМ 3 позволяют регулировать давление и/или температуру. Как правило, в холодильной технике используются комбинации запирающих соленоидных вентилей для диаметров свыше Ду 40 мм *РМ 1* + *EVM* и их различные комбинации на основных вентилях РМ 3, предназначенные для поддержания температур конденсации РМ 1 + *CVP*(*HP*) и кипения РМ 1 + *CVP*(*LP*).

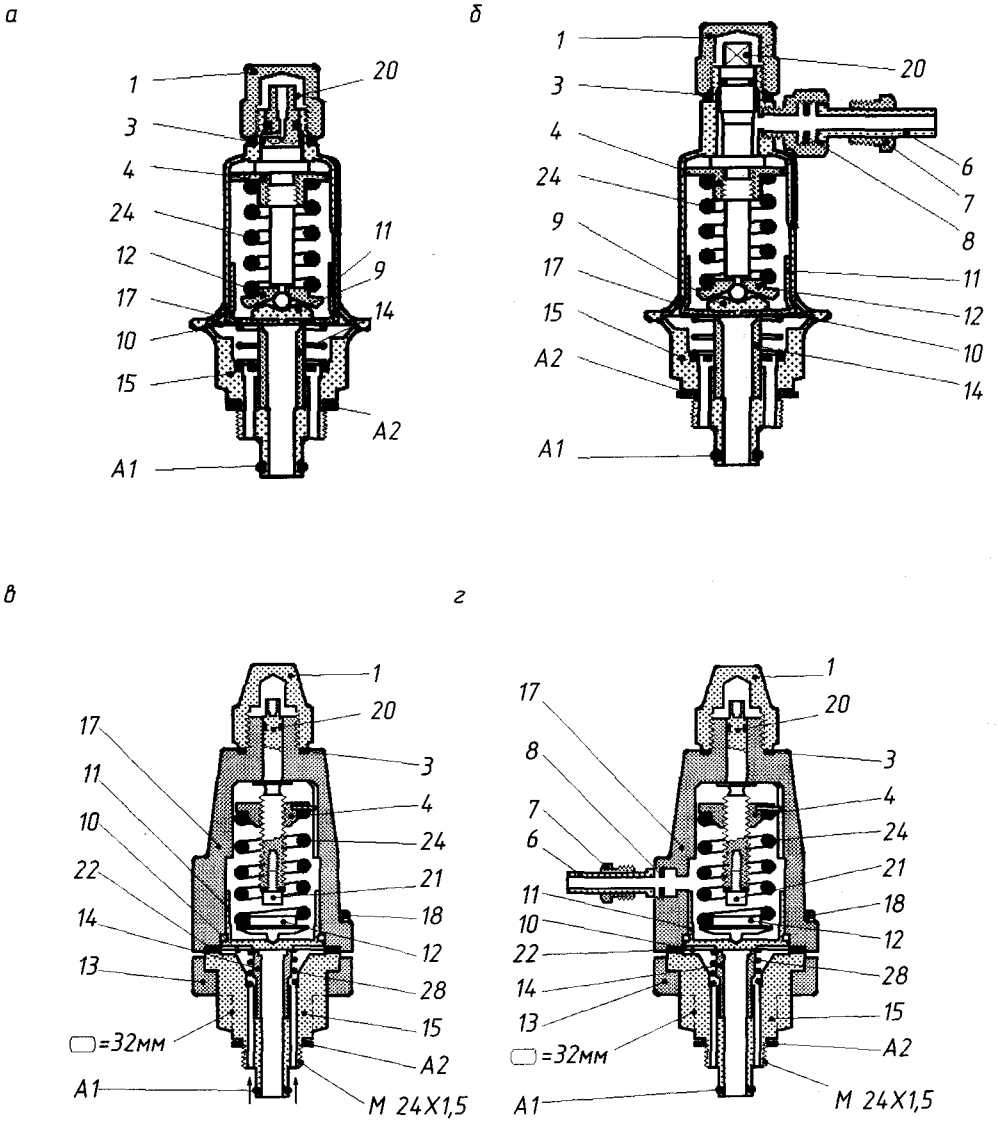



**Рис. 1.26.** Пилотные вентили: *а* — *CVP*(*LP*); *б* — *CVPP*(*LP*); в — *CVP*(*HP*); *г* — *CVPP*(*HP*); *A1* — кольцевое уплотнение, *A 2* — уплотнение, *1* — колпачок, *3* — уплотнение, *4* — гайка, *6* — ниппель, *7* — соединительная гайка, *8* — уплотнение, *9* — шаровая муфта, *10* — диафрагма, *11* — пятка, *12* — направляющая пружины, *13* — фланец, *14* — дюза, *15* — основание, *17* — корпус вентиля, *18* — болт крышки, *20* — настроечный шпиндель, *21* — винт (М6 × 10), *22* — уплотнение крышки, *24, 28* — пружина

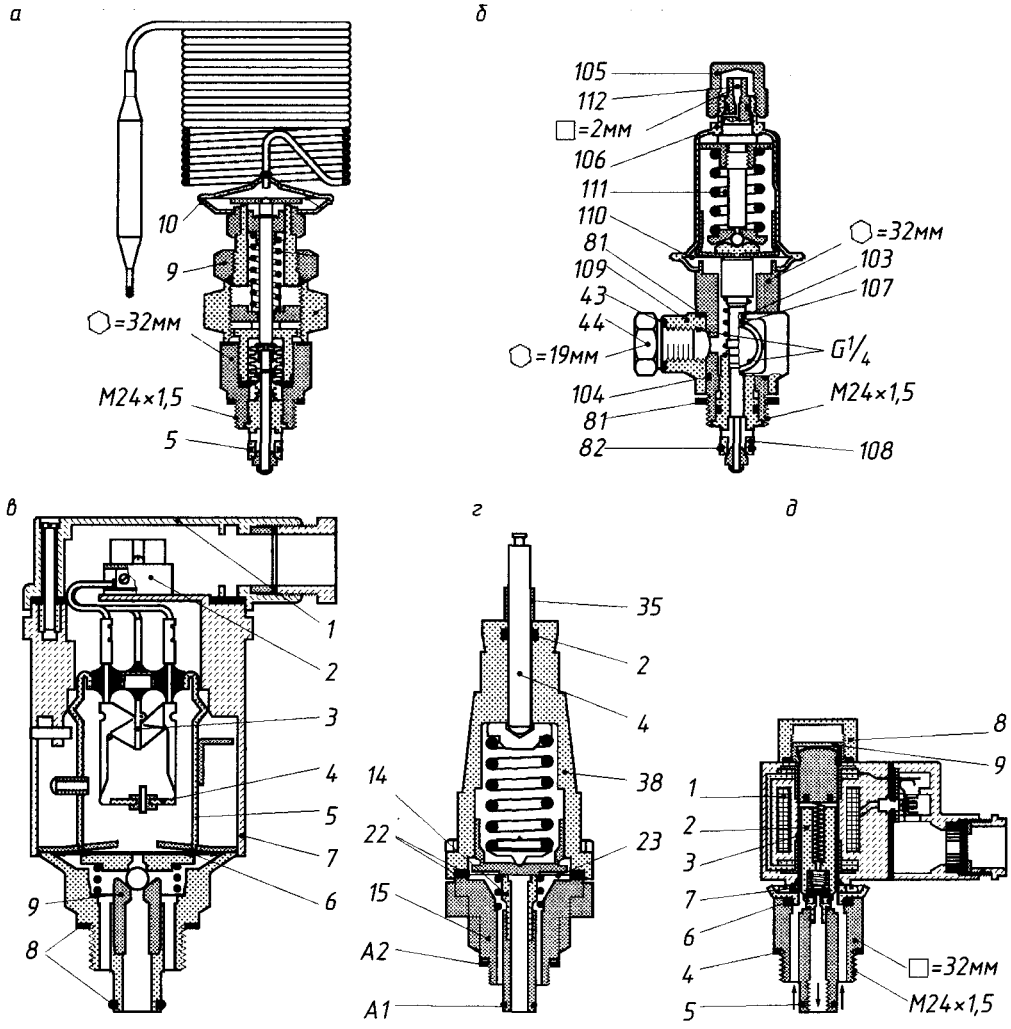



**Рис. 1.27.** Пилотные вентили: *а* — *CVT* (*2* — настроечное кольцо, *4* — сальник, *5* — кольцевое уплотнение, *9* — стопорное кольцо, *10* — термостатический элемент, *11* — пружина, *12* — диафрагма); *б* — *CVC* (*43* — сальник, *44* — пробка для присоединения манометра, *81* — уплотнение, *82* — кольцевое уплотнение, *103* — фитинг, *104* — кольцевое уплотнение, *105* — защитная крышка, *106* — кольцевое уплотнение, *107* — присоединение, *108* — дюза пилота, *109* — присоединение фитинга *103*, *111* — пружина, *112* — регулировочный винт); *в* — *CVQ* (*1* — крышка, *2* — присоединительные клеммы, *NTC* резистор, *PTC* — резистор; *5* — накопитель, *6* — диафрагма, *7* — оболочка, *8* — уплотнение, *9* — дюза); *г* — *CVPM* (*A1* — кольцевое уплотнение, *A2* — уплотнение, *2* — уплотнение штока, *4* — шток, *14* — пружина, *15* — основание, *22* — уплотнение, *23* — диафрагма, *35* — втулка, *38* — корпус клапана); *д* — *EVM* (*1* — катушка, *2* — сердечник, *3* — втулка сердечника, *4* — уплотнение, *5* — кольцевое уплотнение, *6* — уплотнение, *8* — верхняя крышка, *9* — запорная кнопка)

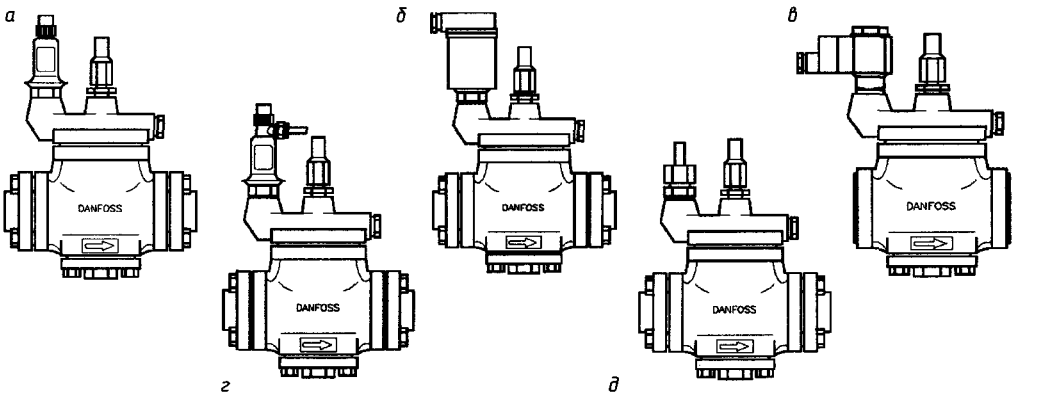



**Рис. 1.28**. Комбинации основных вентилей РМ 1 и пилотных вентилей: *а* — регулятор постоянного давления кипения РМ 1 + *CVP(LP)*; *б* — регулятор постоянной температуры среды РМ 1 + *CVQ*, управляется контроллером *EKS* 61; *в* — запирающий соленоидный вентиль для всасывающих, нагнетательных, жидкостных и байпасных линий РМ 1 + *EVM*; *г* — регулятор дифференциала давления в насосных схемах РМ 1 + *CVPP(LP)*; *д* — внешний регулятор давления РМ 1 с присоединением для *EVM*, устанавливаемого во внешнюю пилотную линию

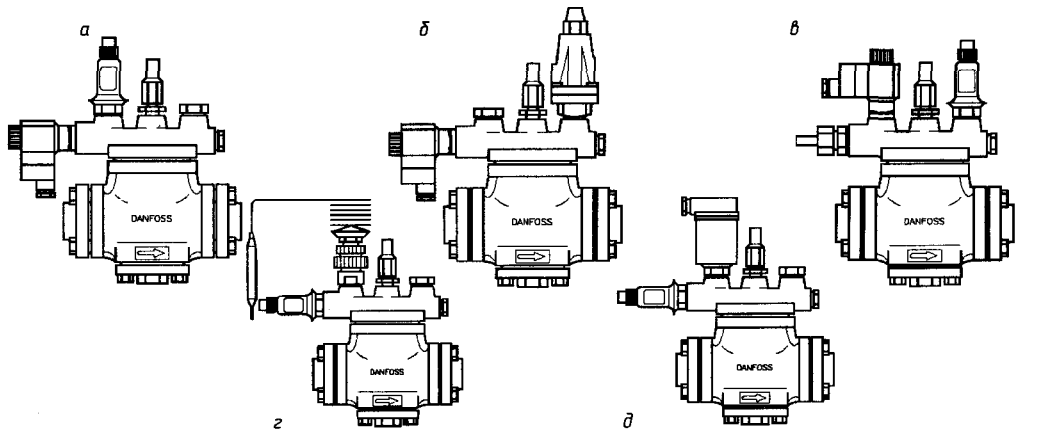



**Рис. 1.29.** Комбинации основных вентилей РМ 3 и пилотных вентилей: *а* — регулятор постоянного давления кипения РМ 3 + *CVP(LP)* в комбинации с соленоидным вентилем *EVM*; *б* — регулятор постоянного давления конденсации РМ 3 + *CVP(HP)* в комбинации с соленоидным вентилем *EVM*; *в* — внешний регулятор давления РМ 3 + *CVP(LP)* в комбинации с соленоидным вентилем *EVM* и внешней пилотной линией; *г* — регулятор температуры среды с регулятором давления РМ 3 + *CVP(LP)* + *CVT*; *д* — управляемый контроллером *EKS* 61 регулятор температуры в комбинации с регулятором постоянного давления РМ 3 + *CVP(LP)* + *CVQ*

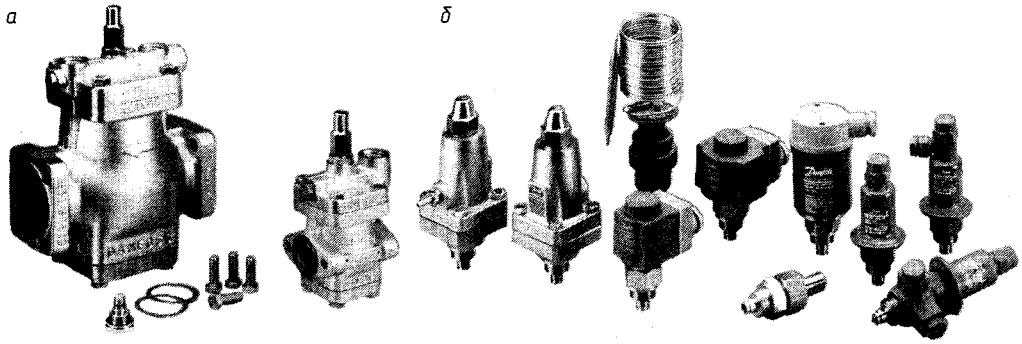



**Рис. 1.30.** Вентили: *а* — основные; *б* — пилотные

На рис. 1.30 показаны основные вентили и пилотные вентили к ним. Корпуса пилотных и основных вентилей выполнены из стали и чугуна, практически все внутренние детали из стали, поэтому пилотные и основные вентили могут применяться как для фреонов так и для аммиака. Различие состоит в материалах фланцев, прокладок и внешних подключений.

Более новой моделью является клапан *ICV*. Он разработан для замены вентилей типа PM, которые, однако, будут использоваться еще долго. Клапаны *ICV* более универсальные, так как в одном и том же корпусе может быть реализовано гораздо большее число комбинаций. Этот принцип сходен со сменой вставок у ТРВ. У клапана отсутствуют фланцы, он выполнен под сварку, что позволяет избежать многих затруднений при заказе и монтаже, однако ограничивает диаметр труб, на которые он может быть установлен. На рис. 1.31 показано устройство такого клапана.

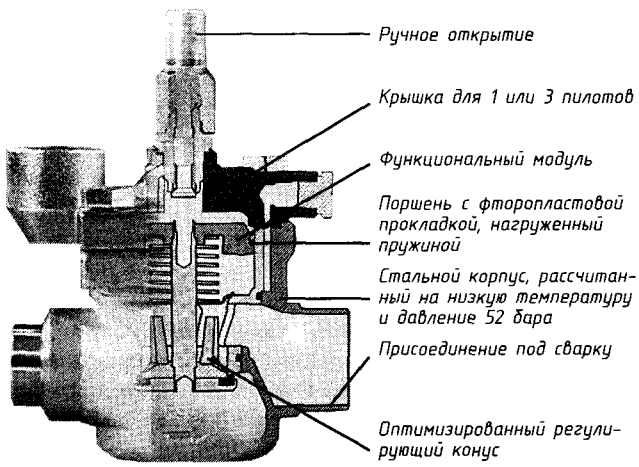



**Рис. 1.31.** Устройство клапана *ICV*

Внешне клапан похож на описанные выше модели, но его внутреннее устройство имеет некоторые отличия. Этот клапан предназначен для использования при гораздо более высоких давлениях, чем PM, что определило его конструктивные особенности. Общее для запорной и регулирующей арматуры повышение максимального рабочего

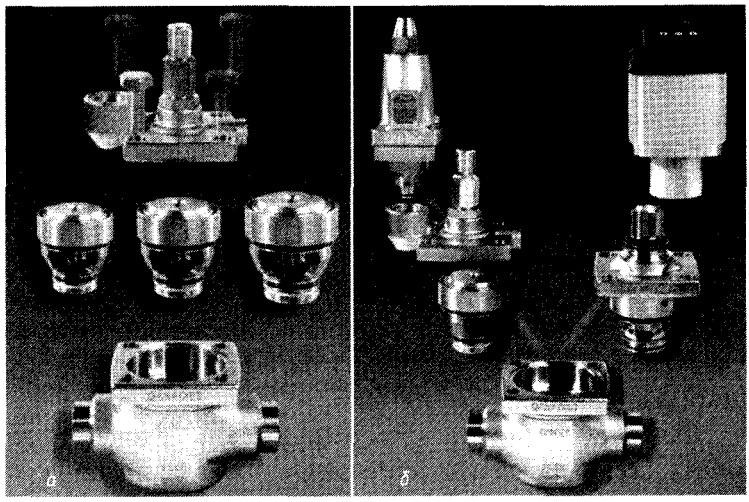


**Рис. 1.32.** Клапан *ICV*: *а* — крышка, корпус и функциональный модуль; *б* — сервоуправление и электронное управление

давления связано с использованием (или возможностью использования) в современных холодильных установках углекислоты. На рис. 1.32*а, б* показаны составные части клапана, который может модифицироваться из клапана с сервоуправлением в клапан, управляемый контроллером, — в том числе, свободнопрограммируемым. Регулирование параметров становится более гибким, прибор — более универсальным, появляется возможность модификации схемы холодильной установки.

Клапаны *ICV* выпускаются двух модификаций: *ICS* — с сервоприводом и *ICM* — с электронным приводом *ICAD*. Корпус и внутренние механизмы клапанов выполнены из стали, поэтому клапаны могут использоваться практически со всеми холодильными агентами, — как в линиях с фазовым переходом, так и без него.

Обозначение пилотных и основных вентилей на принципиальных схемах и схемах автоматизации показано на рис. 1.33. Обозначение строится в зависимости от функционального назначения и числа пилотных вентилей. Пилотные регуляторы выпускаются двух типов: «до себя» и «после себя».

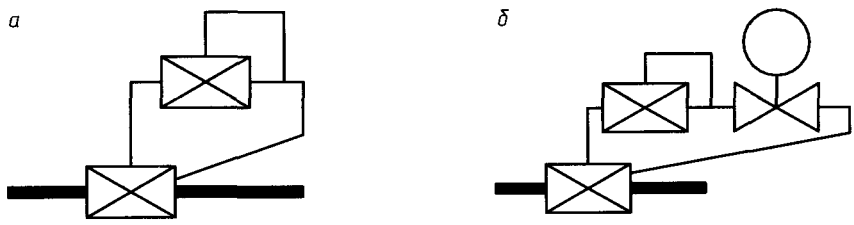



**Рис. 1.33.** Пример обозначения пилотных вентилей на принципиальных и функциональных схемах: *а* — РМ 1(*ICV*) + *CVP*; *б* — РМ 3(*ICV*) + *CVP* + *EVM*

*Регулятор давления конденсации (водорегулирующий вентиль).* Этот вентиль (рис. 1.34) регулирует количество подаваемой в кожухотрубный конденсатор воды (хладоносителя), тем самым изменяя давление конденсации. Выпускаются водорегулирующие вентили, соединяющиеся со стороной холодильного агента и термобаллоном, закрепляемым на выходе из конденсатора.

На рис. 1.34*а* показано устройство вентиля *WVS* 40, фирмы *Danfoss*. Регулятор присоединяется к стороне холодильного агента ниппелем *1* и накидной гайкой, либо приварным соединением *2*.

Механизм поддержания вентилем необходимого давления конденсации таков: при конденсации давление понижается и вентиль подает меньшее количество воды (хладоносителя), затем давление повышается и вентиль снова открывается.

Давление передается по импульсной трубке со стороны холодильного агента на сильфон *3* и шток *4*, имеющий регулирующую гайку *5*. Верхняя часть вентиля состоит из корпуса *6*, крышки *6а* и прокладки *10*. В пилотном устройстве *7* ходит шток *8* с пилотным конусом; нижняя часть вентиля отделена от верхней крышкой *12*. Вентиль имеет поршень *15* и пружину *24*. Для защиты дюзы *21* и внутреннего устройства вентиля предусмотрен фильтр *20*.

На рис. 1.34*б* показано устройство ручного водорегулирующего вентиля *WVFX* 25, фирмы *Danfoss*. Вентиль состоит из маховика *1*, корпуса *2*, направляющей пружины *3* и фиксатора пружины *4*. Предусмотрено уплотнение *5* и направляющий вкладыш *6*. Снизу установлена диафрагма *7*, пятка *9* и присоединение. В центре расположено седло вентиля *8*.

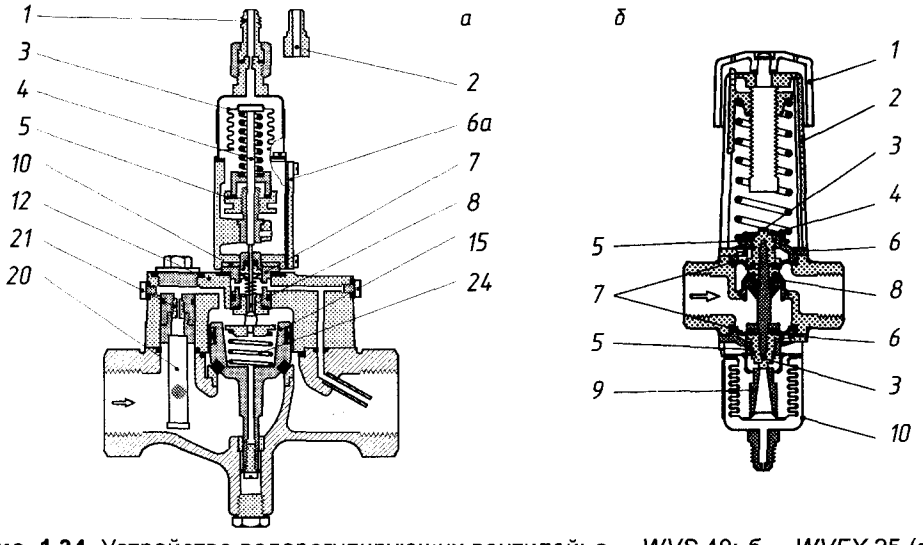



**Рис. 1.34.** Устройство водорегулирующих вентилей: *а* — *WVS* 40; *б* — *WVFX* 25 (см. пояснения в тексте)

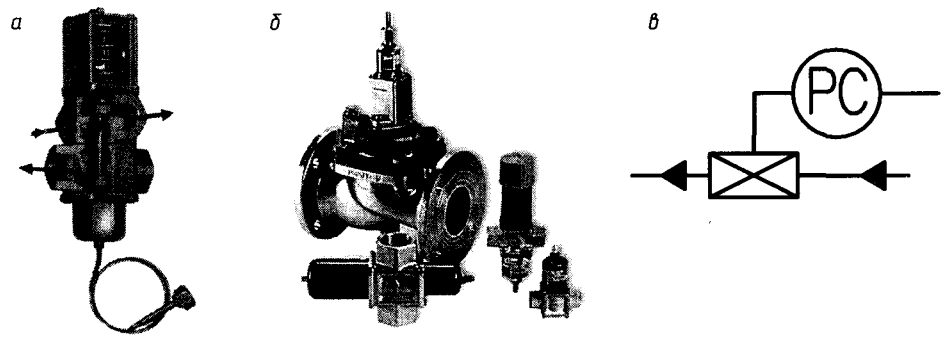



**Рис. 1.35** Водорегулирующие вентили: *а* — производство *Jonson Controls*; *б* — производство *Danfoss*; *в* — обозначение на схемах

Водорегулирующие вентили выпускаются для фреонов, аммиака, хладоносителей (в том числе рассолов) и морской воды. Корпуса вентилей для работы с морской водой выполняются из нержавеющей стали.

На рис. 1.35 показан внешний вид водорегулирующих вентилей и возможные их обозначения на принципиальной схеме и функциональной схеме автоматизации. Буква *P* обозначает давление, *C* — автоматическое регулирование.

## 1.2.2. Индикация, контроль, регулирование температуры

*Термометры.* Это наиболее распространенные приборы, визуально отображающие температуру. Повсеместно используются спиртовые термометры, широко распространены также биметаллические и электронные. Электронные термометры выпускаются как в отдельном корпусе, так и встроенными в корпус процессора, управляющего холодильной установкой. Ртутные термометры использовать запрещено, однако они иногда применяются. На рис. 1.36 показаны термометры различных видов, в том числе традиционные спиртовые. Цена деления подобных термометров может быть до 0,1К (лабораторные образцы), для промышленных термометров — 1К.

На рис. 1.36*б* показан биметаллический термометр, принцип действия которого основан на возможности пластин из спаев разнородных металлов при нагреве и охлаждении изменять форму. Цена деления подобных термометров — 1К. На рис. 1.36*в* показан электронный (цифровой) термометр, принцип действия которого основан на преобразовании чувствительным элементом (термопарой, термосопротивлением) величины температуры в сигнал, отображаемый на дисплее. Цена деления подобных термометров 0,1 К, однако в промышленности применяются и термометры с ценой деления 0,01 К.

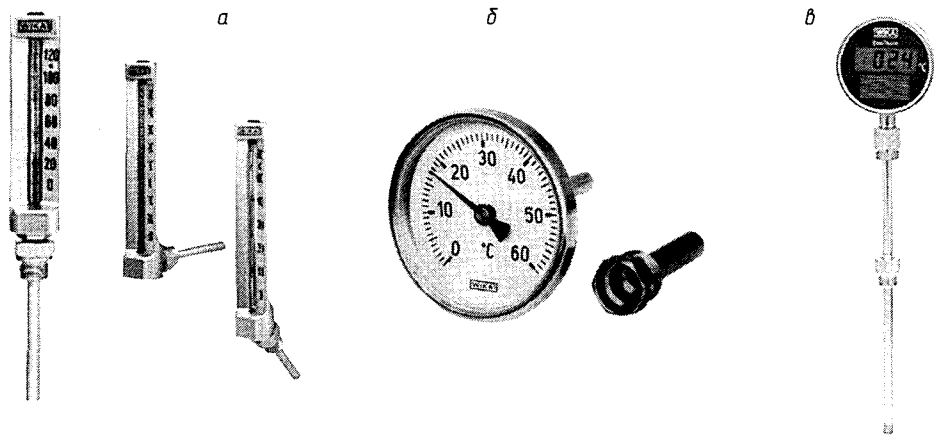



**Рис. 1.36.** Термометры: *а* — спиртовые термометры; *б* — биметаллический термометр; *в* — электронный термометр

Материал корпуса и чувствительной части термометров довольно разнообразен, но чаще всего это сталь. Термометры для аммиака, фреона и хладоносителей могут быть изготовлены из одного и того же материала, так как чувствительная часть термометра не контактирует с измеряемой средой. Пределы измерений термометров различны; в холодильной технике используются термометры со шкалой, имеющей область измерения температур ниже нуля. Термометр устанавливается в стакан (гильзу), вваренный или ввинченный в трубу или технологический аппарат; непосредственно со средой контактирует только этот стакан. Гильзу, для получения более точных показаний термометра, наполняют жидкостью, проводящей тепло, как правило, маслом.

Обозначение термометра на функциональных схемах автоматизации показано на рис. 1.37 : *Т* — температура, *I* — показывающий.

*Датчики температуры.* Различаются по принципу действия и форме сигнала, передаваемого на контроллер; в холодильной технике используется множество разнообразных датчиков (см. рис. 1.38). Независимо от того, является ли датчик температуры термопарой или термосопротивлением, он преобразует температуру в сигнал, который контроллер может использовать для управления холодильной установкой.




**Рис. 1.37.** Обозначение термометра

Как правило, датчики, показанные на рис. 1.38*а*, используются для измерения температуры воздуха в холодильной камере (применяется для управления работой холодильной установки), температуры ребра воздухоохладителя (для контроля времени оттаивания) или температуры жидкости водоохлаждающей

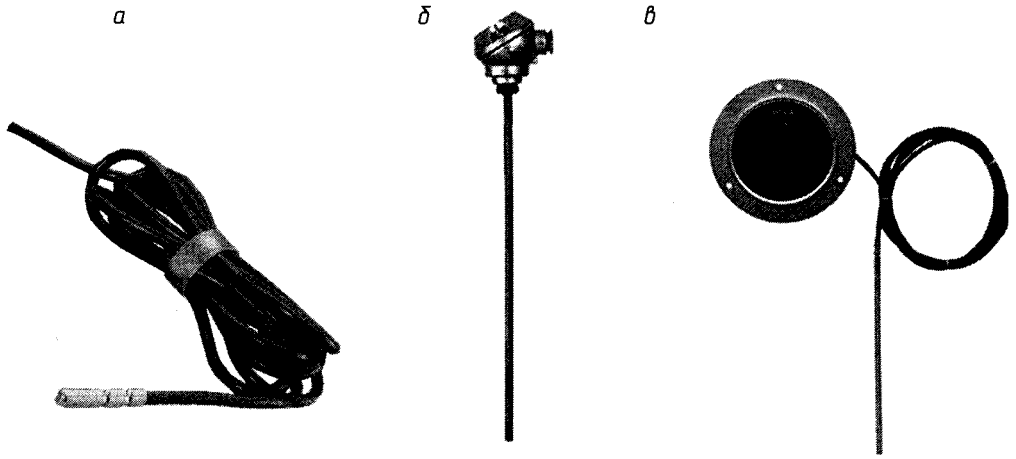



**Рис. 1.38.** Датчики температуры: *а* — термопара ; *б* — датчик в корпусе, использующийся в пищевой промышленности ; *в* — датчик температуры цифрового термометра

машины (для контроля температуры или управления холодильной машиной по температуре хладоносителя).

На рис. 1.38*б* приведено несколько датчиков температуры, применяемых в пищевой промышленности, но холодильная установка редко управляется непосредственно по температуре продукта. Цифровые термометры (рис. 1.38 *в*) и контроллеры оснащаются термопарами. Датчики температуры (термопреобразователи сопротивления) встраиваются в электродвигатели компрессоров, насосов и вентиляторов (для защиты обмоток от перегрева).

Датчики, измеряющие температуру воздуха в холодильной камере или температуру ребра, имеют непосредственный контакт с ними. Датчик температуры окончания оттаивания обычно вставляется между ребрами воздухоохладителя, поэтому диаметр его чувствительной части должен равняться этому расстоянию или незначительно превосходить его. Датчики, измеряющие температуру жидкости, устанавливают в стакане, заполненном маслом или другой проводящей тепло жидкостью. Довольно редко датчик температуры закрепляют снаружи трубы хомутом, — такое крепление нежелательно из-за погрешности в показаниях. В пищевой промышленности датчики температуры непосредственно контактируют с измеряемой средой, поэтому корпуса датчиков выполняются из коррозионностойких сталей.

Обозначение датчика температуры на функциональной схеме автоматизации показано на рис. 1.39: *Т* — температура, *Е* — электрическая величина, вторая буква *Т* — преобразование сигнала. Практически все современные датчики температуры обозначаются *ТТ*.




**Рис. 1.39.** Условное обозначение датчиков температуры на функциональной схеме автоматизации

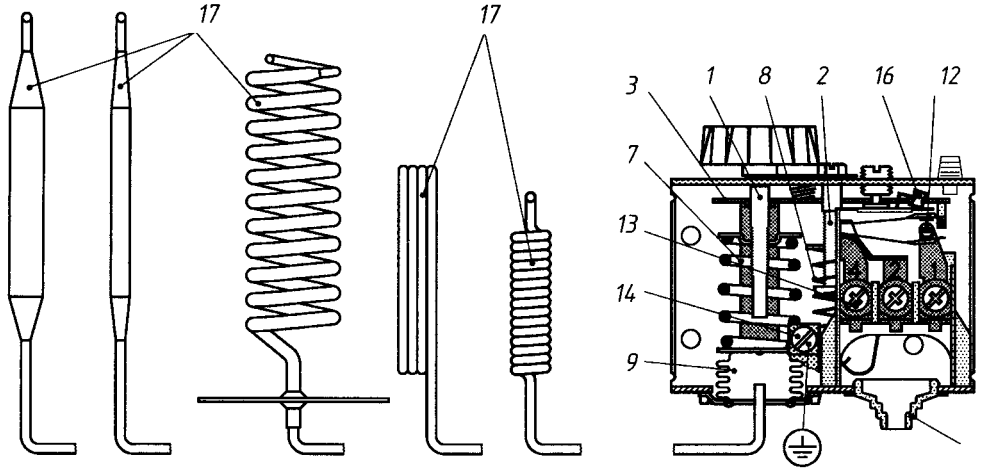



**Рис. 1.40.** Термостат: *1* — настроечный винт; *2* — винт настройки дифференциала; *3* — рычаг; *7* — пружина; *8* — пружина дифференциала; *9* — сильфон; *12* — контакт; *13* — клеммы; *14* — заземление; *15* — сальниковый ввод кабеля; *16* — тумблер; *17* — баллон

*Реле температуры, термостаты.* Реле температуры предназначены для включения и выключения холодильной установки по достижении заданного значения температуры. Производятся также сдвоенные термостаты.

Устройство промышленного термостата и различные варианты исполнения термобаллона показаны на рис. 1.40; термостаты для бытовых холодильников по устройству схожи с представленным. При помощи настроечного винта *1* и *2* задается поддерживаемая температура и дифференциал. Холодильный агент, расширяющийся в термобаллоне *17*, воздействует на сильфон *8*, который, через систему рычагов *3*, замыкает и размыкает контакт *12*. Кабели подводятся к клеммам *13* через сальник *15*.

На рис. 1.41 показана условная схема срабатывания контактов термостата. При высокой температуре в охлаждаемом объеме холодильный агент в термобаллоне расширяется, и сильфон замыкает контакты *1* и *4*; электропитание подается на электродвигатель. Когда температура в холодильной камере падает до заданной величины, сильфон размыкает контакты *1* и *4*, отключая электродвигатель. Контакты *1* и *2* при этом замыкаются. При необходимости к термостату можно подсоединить лампочку, которая будет сигнализировать о достижении

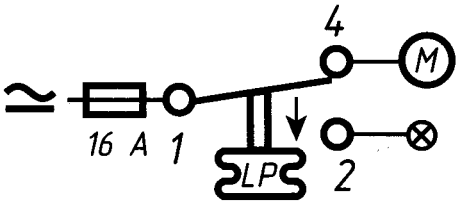



**Рис. 1.41**. Схема срабатывания контактов термостата КР

заданной температуры. Термостаты имеют широкий диапазон регулирования.

На рис. 1.42*а*, *б* представлен внешний вид термостата и условное обозначение термореле на функциональной схеме автоматизации: *T* — температура, *S* — включение, *A* — сигнализация. Букву *A* следует использовать, если к термостату подключена лампочка.

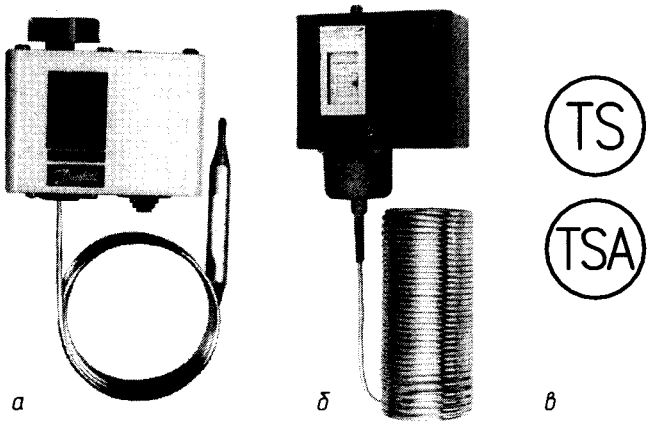



**Рис. 1.42.** Термостаты: *а* — тип KP; *б* — производства *Johnson Controls*; *в* — условное обозначение на функциональной схеме автоматизации

*Терморегулирующий вентиль.* Терморегулирующий вентиль, или ТРВ, является одной из наиболее важных частей холодильной установки. Он предназначен для регулирования перегрева пара холодильного агента, выходящего из испарителя, путем изменения количества поступающего в испаритель жидкого холодильного агента.

Регулирование происходит автоматически благодаря устройству терморегулирующего вентиля. ТРВ, установленный перед испарителем, пропускает туда такое количество холодильного агента, которое обеспечит заданный перегрев на выходе из испарителя и дросселирует холодильный агент. Дросселирование происходит при прохождении холодильного агента через наименьшие сечения вентиля, при этом давление холодильного агента падает от температуры конденсации $P_к$ до температуры кипения $P_0$ при работающем компрессоре.

На рис. 1.43 приведена конструкция терморегулирующего вентиля с внутренним выравниванием давления. Вентиль состоит из термостатического элемента, включающего в себя диафрагму, капиллярную (импульсную) трубку, термобаллон и заправку холодильного агента. Термобаллон располагают на трубе, выходящей из испарителя. Давление в трубе — $P_0$, давление в термобаллоне — $P_0'$. Термостатический элемент закреплен на корпусе *3*, снизу присоединяется трубопровод от ресивера с давлением конденсации $P_к$. Снизу на мембрану воздействует пружина. Дросселирование от $P_к$ до $P_0$ происходит в дюзе *2*. Настройку перегрева осуществляют при помощи настроечного винта *4*, который поджимает или ослабляет пружину.

Таким образом мембрана находится под воздействием трех усилий: снизу воздействует давление кипения $P_0$ и усилие пружины $P_{пр}$, сверху — давление

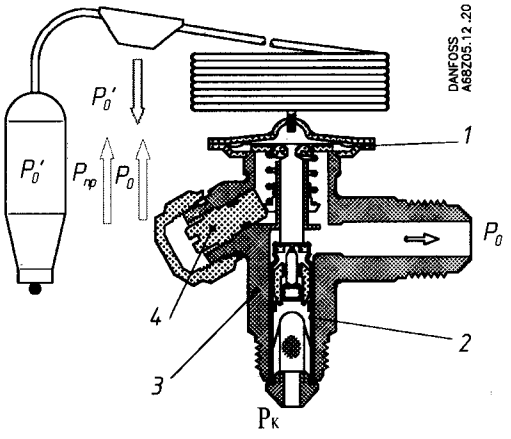



Рис. 1.43. Устройство ТРВ с внутренним выравниванием Т2: *1* — термостатический элемент; *2* — дюза (вставка); *3* — корпус вентиля; *4* — винт настройки перегрева

насыщенного пара заправки термобаллона $P_0'$.

Если суммарное воздействие давления кипения и пружины равно воздействию пара $P_0 + P_{пр} = P_0'$, то мембрана находится в равновесии. Если испаритель заполнен избыточным количеством холодильного агента, из него выходит насыщенный пар, его температура $t_0'$ будет равна $t_0$, а давление $P_0' = P_0$. Таким образом, давления над и под мембраной сравниваются, пружина поднимает дюзу и прижимает клапаном к седлу, тем самым закрывая вентиль. Кипение в испарителе продолжается, количество жидкости уменьшается и начинает выходить перегретый пар с температурой выше температуры кипения $t_0$. Перегретый пар нагревает термобаллон, температура в котором становится выше, чем температура кипения, $t_0' > t_0$. Давление в термобаллоне и сверху мембраны становится $P_0' > P_0$. При некотором перегреве пара $t_{пер} = t_0' - t_0$, давление над мембраной $P_0'$ становится достаточным, чтобы преодолеть сопротивление пружины ($P = P_0' - P_0 > P_{пр}$) и клапан начинает открываться, пропуская в испаритель жидкий холодильный агент. Таким образом, преодолевая сопротивление пружины при достаточном перегреве, давление над мембраной открывает клапан, пропуская жидкий холодильный агент. При недостаточном давлении над мембраной, пружина закрывает клапан вентиля.

В обычном случае ТРВ с внутренним выравниванием достаточно, однако, если испаритель имеет высокое гидравлическое сопротивление, то на выходе из него будет создаваться давление $P_0''$, которое будет гораздо ниже давления кипения $P_0$ на входе и, следовательно, под диафрагмой. При давлении над мембраной $P_0'' < P_0$ не удастся закрыть клапан без пропуска жидкого холодильного агента в испаритель. Поэтому здесь необходимо использовать терморегулирующий вентиль с внешним выравниванием давления.

Терморегулирующий вентиль с внешним выравниванием давления по принципу действия практически не отличается от ТРВ с внутренним выравниванием. Он состоит из тех же элементов, то есть имеет термостатический элемент, корпус, дюзу, настроечный винт. Отличием ТРВ с внешним выравниванием является дополнительная перегородка под мембраной, которая отделяет полость с давлением кипения $P_0$ и полость над мембраной с давлением

насыщенного пара $P_0'$. Эта промежуточная полость находится под давлением $P_0''$ так как соединена трубкой с трубопроводом, выходящим из испарителя. Уравнительную трубку присоединяют после термобаллона.

На рис. 1.44 показано устройство терморегулирующего вентиля с внешним выравниванием. Термостатический элемент *1* включает в себя диафрагму, капиллярную (импульсную) трубку, термобаллон и заправку холодильным агентом. Термобаллон располагают на трубе, выходящей из испарителя с большим гидравлическим сопротивлением. Давление в трубе — $P_0''$, в термобаллоне — $P_0'$, на входе в испаритель — $P_0$. Термостатический элемент закреплен на корпусе *3*, снизу присоединен трубопровод от ресивера с давлением конденсации $P_к$. Снизу на мембрану воздействует пружина. Дросселирование от $P_к$ до $P_0$ происходит в дюзе *2*. Настройку перегрева осуществляют при помощи настроечного винта *4*, который поджимает или ослабляет пружину.

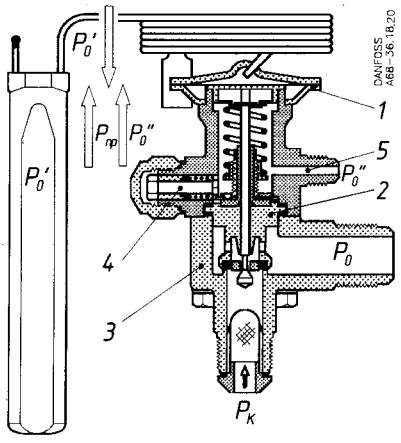



**Рис. 1.44.** Устройство ТРВ с внешним выравниванием ТЕ 5: *1* — термостатический элемент; *2* — дюза (вставка); *3* — корпус вентиля; *4* — винт настройки перегрева; *5* — присоединение трубки выравнивания давления

Таким образом мембрана находится под воздействием трех усилий: снизу — давление на выходе из испарителя $P_0''$ и усилие пружины $P_{пр}$, сверху — давление насыщенного пара заправки термобаллона $P_0'$. Если суммарное воздействие давления на выходе из испарителя и пружины равны воздействию пара $P_0'' + P_{пр} = P_0'$, то мембрана находится в равновесии. Если же испаритель заполнен избыточным количеством холодильного агента, то из него выходит насыщенный пар, его температура $t_0''$ сравнивается с температурой в термобаллоне $t_0'$, а давление $P_0''$ — с давлением в термобаллоне $P_0'$. Давление над и под мембраной становится равным, пружина поднимает дюзу и прижимает клапаном к седлу, тем самым, закрывая вентиль. Кипение в испарителе продолжается, количество жидкости уменьшается и начинает выходить перегретый пар. Перегретый пар нагревает термобаллон, температура в котором становится выше, чем температура на выходе из испарителя $t_0' > t_0''$ (именно поэтому уравнительная трубка врезана после термобаллона). Давление в термобаллоне и сверху мембраны становится выше температуры на выходе из испарителя $P_0' > P_0''$. При некотором перегреве пара $t_{пер} = t_0' - t_0''$, давление над мембраной $P_0'$ становится достаточным, чтобы преодолеть сопротивление пружины ($P = P_0' - P_0'' > P_{пр}$). Клапан начинает открываться, пропуская в испаритель жидкий холодильный агент.

Широкое распространение ТРВ с внешним выравниванием обусловлено и трудностями с заправкой термобаллона. Обычная для термобаллона заправка — 65 % — приводит к тому, что при высоких температурах (при перевозке, хранении, монтаже, оттаивании и пр.) в баллоне возникает повышенное давление. Это ведет к применению более прочных мембран, пружин и, как следствие, приводит к снижению чувствительности ТРВ.

Однако при таком заполнении корпус ТРВ и капиллярная трубка могут находиться при температуре более низкой, чем термобаллон. При таких условиях возникает конденсация пара под мембраной и в капиллярной трубке, но объем заправки в термобаллоне превышает объем этих полостей, поэтому давление во всей термочувствительной системе определяется температурой термобаллона. В силу этих причин широкое распространение получило ограниченное заполнение термобаллона (на 35 %) жидким холодильным агентом, который по достижении температуры 15–20 °С полностью превращается в пар.

При этом корпус ТРВ и капиллярную трубку нельзя размещать при температурах более низких, чем термобаллон, так как давление в полости над мембраной будет определяться температурой, при которой конденсируется пар в этой полости, — из-за малого количества жидкости, остающегося в термобаллоне. Поэтому ТРВ с ограниченным заполнением выпускаются только с внешним выравниванием.

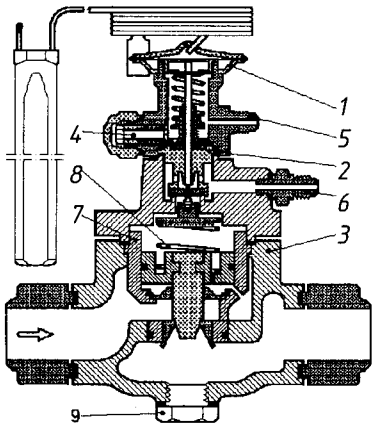



**Рис. 1.45.** Устройство прямоточного ТРВ с внешним выравниванием ТЕ 55: *1* — термостатический элемент; *2* — дюза (вставка); *3* — корпус вентиля; *4* — винт настройки перегрева; *5* — присоединение трубки выравнивания давления; *6* — пилотное подключение; *7* — вкладыш; *8* — пружина; *9* — заглушка

В ТРВ с внутренним выравниванием находится жидкость с более низкой температурой кипения, чем температура термобаллона. Это вызывает конденсацию пара на мембране и ТРВ не открывается и при большем перегреве. ТРВ, представленные на рис. 1.43 и 1.44 — угловые; но выпускаются и прямоточные ТРВ (рис. 1.45). По принципу действия и конструкции они аналогичны описанным выше. На рис. 1.45 представлен один из самых больших механических ТРВ, поэтому в нижней части корпуса выполнены дополнительные усилители, помогающие открытию и закрытию.

Особенностью использования и заправки ТРВ является применение так называемой заправки *МОР* (*Max.*

*Operating Pressure*). Это максимальное рабочее давление, то есть давление в испарителе или давление всасывания в компрессор, до которого ТРВ сохраняет работоспособность. *MOP* ограничивает область применения ТРВ и дополнительно защищает двигатель компрессора от перегрузок. По достижении максимального рабочего давления, ТРВ закрывается, не пропуская жидкий холодильный агент в испаритель. При повышении температуры кипения, если значение *MOP* достигнуто, ТРВ не открывается.

На рис. 1.46 показан пример установки терморегулирующего вентиля с внешним выравниванием на воздухоохладителе. Как видно, термобаллон следует устанавливать только в горизонтальном положении, вблизи выхода из испарителя, а трубку внешнего выравнивания присоединять строго после термобаллона. На коллекторе термобаллон нельзя устанавливать, так как перегрев будет постоянно недостаточен, а ТРВ — закрыт. Установка термобаллона после гидрозатвора также невозможна, так как перегрев будет постоянно избыточным, а ТРВ, следовательно, постоянно открытым. Теоретически ТРВ можно установить в любом положении, однако не следует устанавливать его вниз термостатическим элементом.

Представленные на рис. 1.46 ТРВ работоспособны в широком диапазоне холодильных мощностей, так терморегулирующий вентиль типа Т может иметь вставку с мощностью 0,5 кВт, в то время как вентиль типа РНТ — до 1890 кВт. Терморегулирующие вентили имеют сменные вставки (рис. 1.47*а*), позволяющие варьировать мощности в одном и том же корпусе. Это удобно при производстве, хранении и монтаже ТРВ. Полная унификация терморегулирующих элементов, корпусов, вставок в ассортименте одной фирмы-производителя позволяет удешевить производство и повысить качество

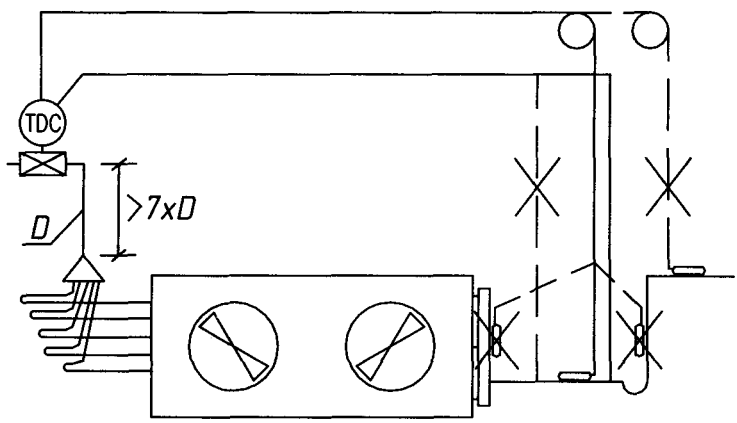



**Рис. 1.46.** Установка ТРВ с внешним выравниванием: неправильное и правильное положение термобаллона

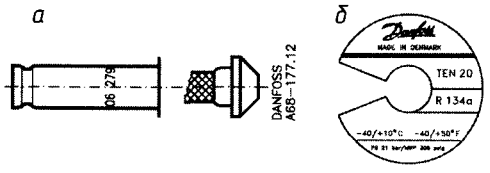



**Рис. 1.47.** Комплектация ТРВ: *а* — дюза (вставка); *б* — шильда

продукции. Вставка поставляется в прозрачной пластиковой капсуле, на крышке которой, как и на дюзе, написан номер дюзы и тип ТРВ, с которым вставка может применяться. Каждому номеру соответствует своя производительность, в одном корпусе может быть от № 0 до № 6. Крышка капсулы при монтаже закрепляется на капиллярной трубке, что позволяет специалистам по сервисному обслуживанию сразу определять номер дюзы, установленной в корпусе. Сверху каждого ТРВ установлена шильда с данными по заправке, типу холодильного агента и т.п. показанная на рис. 1.47*б*.

На рис. 1.48 представлены механические ТРВ различных мощностей. Принцип действия и внешний вид ТРВ различных производителей идентичен, небольшие различия существуют в процессе производства и применяемых материалах. Механические ТРВ, описанные выше, имеют массу достоинств: низкая стоимость, высокая надежность работы и долгий срок службы. Однако их рабочая область регулирования имеет ряд ограничений, о которых будет рассказано далее. Электронные терморегулирующие вентили лишены большинства недостатков механических ТРВ.

Электронные ТРВ выполняют те же функции, что и механические, то есть регулируют перегрев пара холодильного агента, выходящего из испарителя, путем изменения количества поступающего через ТРВ в испаритель жидкого холодильного агента. Однако сам принцип их действия отличается от принципа действия механического ТРВ.

В отличие от механического ТРВ, который действует практически автономно от холодильной установки и контроллеров, управляющих ею,

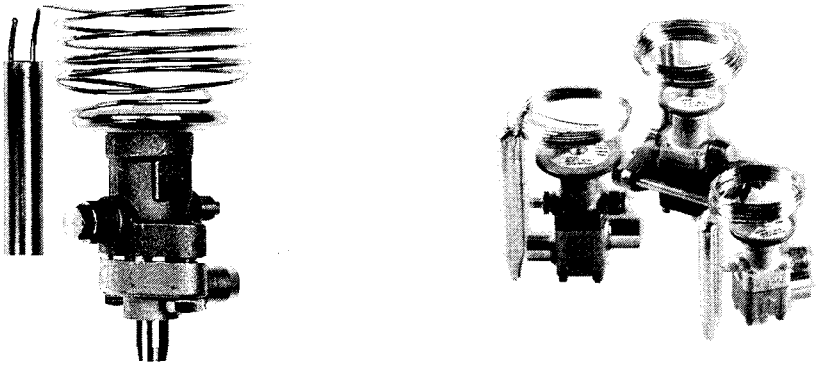


**Рис. 1.48.** Внешний вид механических ТРВ: *а* — производства фирмы *Alco*; *б* — *Danfoss*

электронный ТРВ полностью управляется собственным контроллером, который соединен с общим или управляется непосредственно от основного контроллера. Информация на контроллер поступает от датчиков температуры или давления, установленных до и после испарителя. В крупных насосно-циркуляционных схемах, где есть циркуляционные ресиверы, работа электронных терморегулирующих вентилей управляется сигналами датчиков уровня.

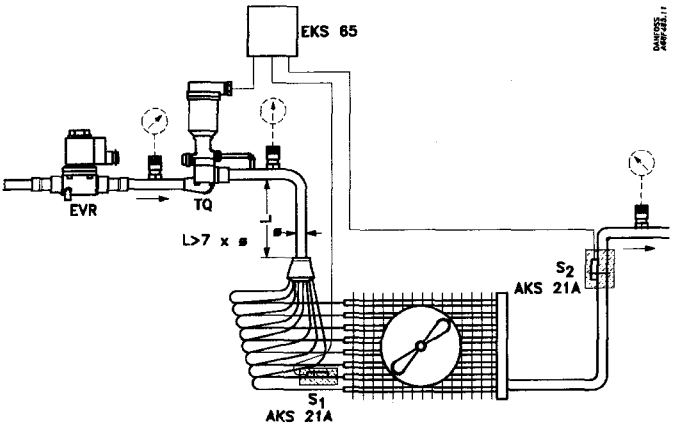



**Рис. 1.49.** Фрагмент инструкции фирмы *Danfoss* по установке электронного ТРВ

На рис. 1.49 показана схема установки электронного ТРВ. Как видно, узел электронного терморегулирующего вентиля представляет собой целый комплекс приборов. Датчики температуры, обозначенные $S_1$ и $S_2$, подают сигнал на контроллер *EKS* 65, который и управляет электронным терморегулирующим вентилем *TQ*. На рисунке показан соленоидный клапан *EVR*, выполняющий функцию отсекания, однако большинство электронных ТРВ могут использоваться как отсечные вентили. Безусловно, стоимость электронного ТРВ гораздо выше, чем механического, но при его использовании улучшается питание испарителя, режим работы холодильной установки становится более рациональным и, как следствие, идет экономия электроэнергии. Питание испарителя, перегрев и процесс дросселирования полностью управляются контроллером и могут отслеживаться системами удаленного доступа. В то же время крупным недостатком данной схемы является увеличение количества устройств, а, следовательно, возрастание риска поломки или аварии.

Конструкция электронного терморегулирующего вентиля существенно отличается от конструкции механического ТРВ. Подача жидкого холодильного агента через вентиль происходит импульсами, — например у вентилей типа *AKV* через каждые 6 с. Таким образом, через каждые 6 с на катушку электронного ТРВ подается питание и она, втягивая сердечник, открывает клапан. Если требуется пропустить большое количество холодильного агента, клапан открыт практически все 6 с и закрывается только в самом конце периода, с тем, чтобы снова открыться.

Если испарителю жидкого холодильного агента требуется немного, то открывшись, клапан сразу закрывается, это происходит практически каждые 6 с. Если питание испарителю не требуется, контроллер не дает сигнал на открытие ТРВ, и клапан остается закрытым, выполняя также функцию отсечного соленоидного клапана.

На рис. 1.50 показана конструкция электронного терморегулирующего вентиля. На стальном корпусе клапана *1* закреплен пошаговый двигатель *2*, сверху расположен бокс, куда подводится электрокабель. Клапан оборудован штоком *5*, крышка снизу и другие стыки припаиваются или привариваются — *6*. Керамическое входное окно *7* расположено рядом с боксом пружины *4*. Снизу расположена керамическая направляющая *8*; дросселированный холодильный агент выходит через окно *9*. Над крышкой, где расположено крепежное отверстие *11*, находится латунный шарик *10*. Для монтажа в систему выполнены медные присоединения под пайку.

На рис. 1.51 показано устройство прямоточного электронного терморегулирующего вентиля для аммиака. Как видно, конструкция его несколько отличается от устройства электронного ТРВ для малых холодильных установок. Система управления таким ТРВ полностью аналогична описанной выше, однако, как правило, крупные электронные терморегулирующие вентили или, как их еще называют, электронные расширительные клапаны, используются с датчиками уровня в циркуляционном ресивере типа *AKS*. В корпусе имеются вход *1* и выход *2*. ТРВ оборудован дюзой *3* и клапанным седлом *4*. Для предотвращения заклинивания механизмов ТРВ предусмотрен фильтр *5*. Так как размеры ТРВ велики, для облегчения открытия предусмотрена пилотная дюза

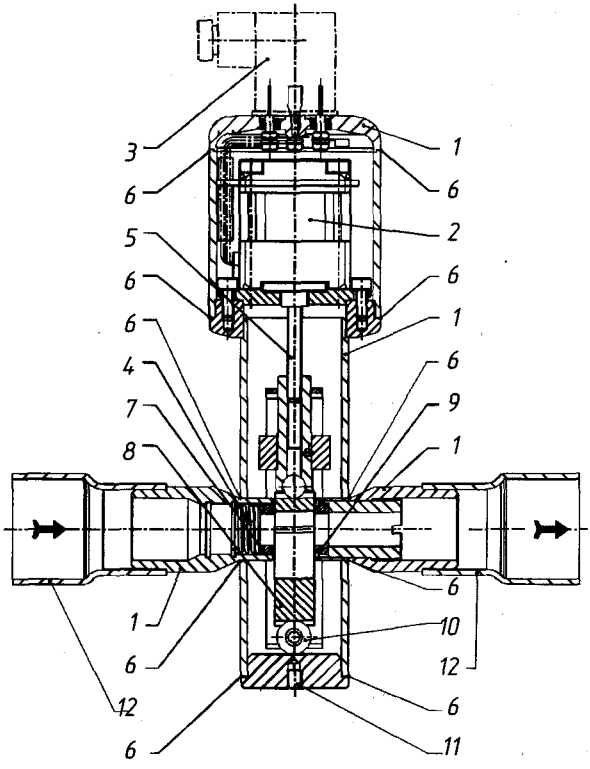



**Рис. 1.50.** Устройство электронного терморегулирующего вентиля (см. пояснения в тексте)

*6* и пилотный клапан *7*, позволяющие потоку жидкости открывать клапан. Сверху расположена катушка *8*, крышка с сальниковым вводом *9* и крышка, закрывающая сердечник катушки *10*.

Мощность описанных выше электронных терморегулирующих вентилей: 1–630 кВт. Их недостатками являются не только высокая стоимость, но и импульсная работа, так как постоянные удары по клапанному седлу значительно снижают срок службы такого ТРВ. В связи с этим на крупных холодильных установках отказались от применения электронных ТРВ типа *AKV*, в пользу использования более надежных моторных вентилей, оборудованных небольшим электродвигателем, который ввинчивает и вывинчивает шток, тем самым плавно открывая и закрывая вентиль. Ударов по седлу не происходит, срок службы вентиля, по сравнению с импульсными ТРВ, значительно увеличивается. Однако в малых холодильных установках все еще используют импульсные ТРВ.

На рис. 1.52 показаны различные терморегулирующие вентили. Каждая фирма-производитель выпускает собственные датчики давления, температуры и контроллеры, зачастую несовместимые друг с другом. Поэтому при использовании комплектующих различных заводов, следует учитывать эти особенности.

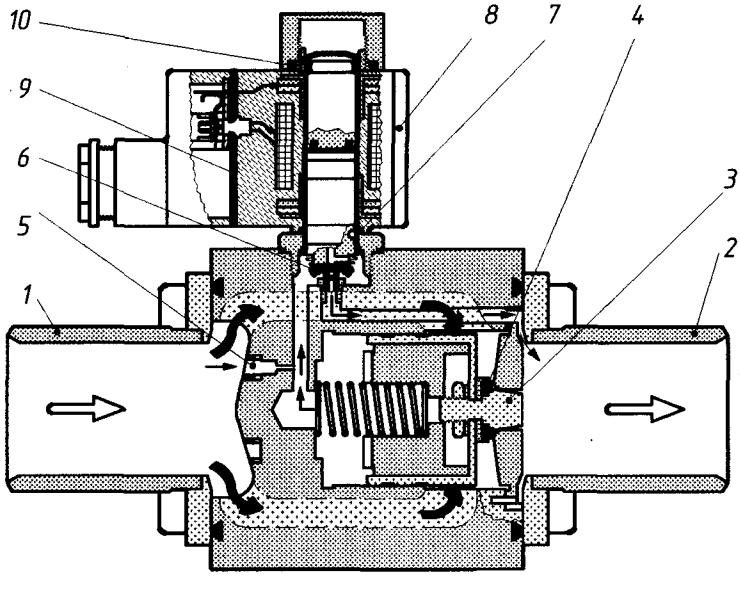



**Рис. 1.51.** Устройство электронного терморегулирующего вентиля типа *AKVA* 20 (см. пояснения в тексте)

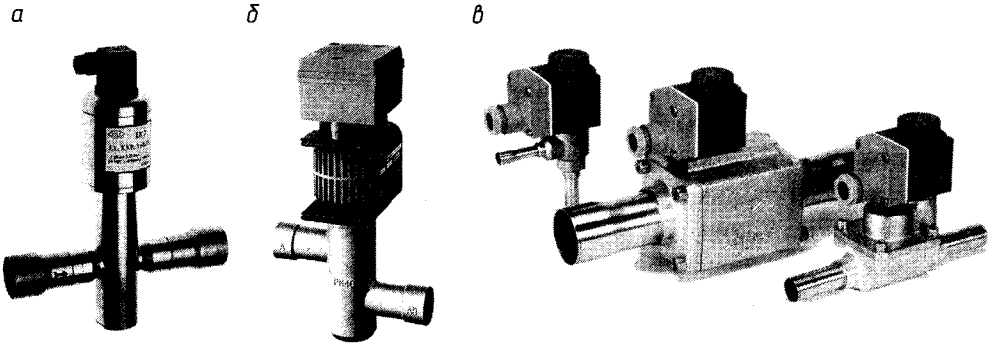



**Рис. 1.52.** Электронные ТРВ: *а* — производства *Alco*: *EX* 2; *б* — производства *Siemens*: *MVL*; *в* — производства *Danfoss*: *AKV* 10, *AKV* 15, *AKV* 20

На рис. 1.53 показан полный комплект устройств фирмы *Danfoss*, предназначенный для управления холодильной установкой, куда обязательно включаются электронные ТРВ. Данная система называется *ADAP KOOL*, аналогичные системы выпускаются и другими фирмами, например: *Siemens*, *Wurm*, *Alco*, *Allen-Bradley*. Их устройство и возможности более подробно будут изложены далее.

Терморегулирующие вентили разделяются на фреоновые и аммиачные. Вентили для фреона изготовляются из меди или латуни, для аммиака – из стали и чугуна (корпуса). На корпус наносится стрелка, показывающая направление потока.

На рис. 1.54 показаны условные обозначения ТРВ на принципиальных схемах и функциональных схемах автоматизации. На рис. 1.52 *а, б* изображены ТРВ с внутренним и внешним выравниванием, соответствующие ГОСТ 21.404-85,

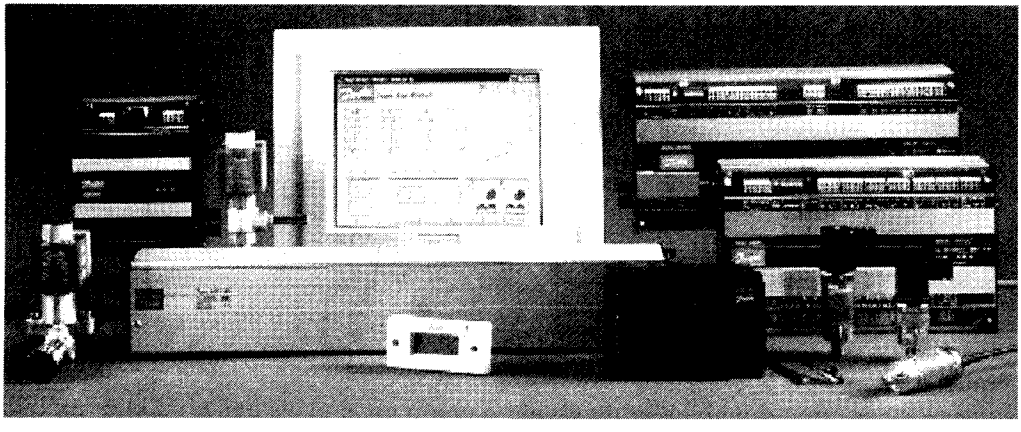


**Рис. 1.53.** Комплект устройств системы автоматизации холодильной установки *ADAP KOOL*

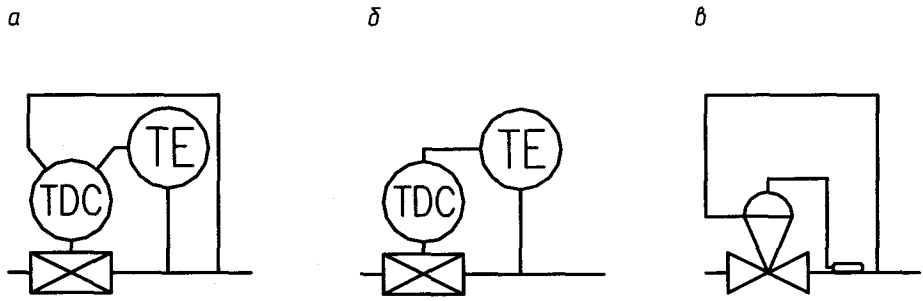



**Рис. 1.54.** Условные обозначения ТРВ на схемах функциональных автоматизации: *а, в* — с внешним выравниванием; *б* — с внутренним выравниванием

на рис. 1.54 в показано обозначение ТРВ с внешним выравниванием, постоянно встречающееся на схемах и в литературе: *T* — температура, *D* — дифференциал, *C* — автоматическое регулирование, *E* — электрическая величина.

*Ручные регулирующие вентили.* Одним из элементов схемы холодильной установки являются регулирующие вентили, настраиваемые вручную. Они могут использоваться как регулирующие (например в насосно-циркуляционных схемах), и как терморегулирующие. На рис. 1.55 показаны вентили, предназначенные для регулирования количества подаваемого холодильного агента. Вентиль состоит из корпуса *1*, с крышками *2* и *3*, их соединяют винты *12*. Шпиндель *4* поднимает конус *5*, тем самым регулируя проток холодильного агента, шпиндель уплотнен сальниковой набивкой *8*, сверху конуса находится уплотнение *21*. Снизу набивку уплотняет кольцо *9*, находящееся между корпусом *1* и крышкой *3*. Сверху расположен защитный колпачок *17* и крышка сальниковой набивки *18*. Гайку *19* фиксирует винт *20*. Материал вентиля сталь, предназначен для использования с аммиаком. На функциональных схемах автоматизации, как правило, показывается, как один из элементов.

## 1.2.3. Индикация, контроль, регулирование уровня

*Реле уровня (электронный регулятор уровня).* Наиболее распространены надежные поплавковые реле уровня типа 38Е (*AKS* 38). В настоящий момент их используют как аварийные реле уровня на ресиверах (верхний и нижний аварийный уровни), однако часто применяют и для поддержания в ресивере рабочего уровня. Реле уровня устанавливают на колонке ресивера, до 5 реле на одной колонке.

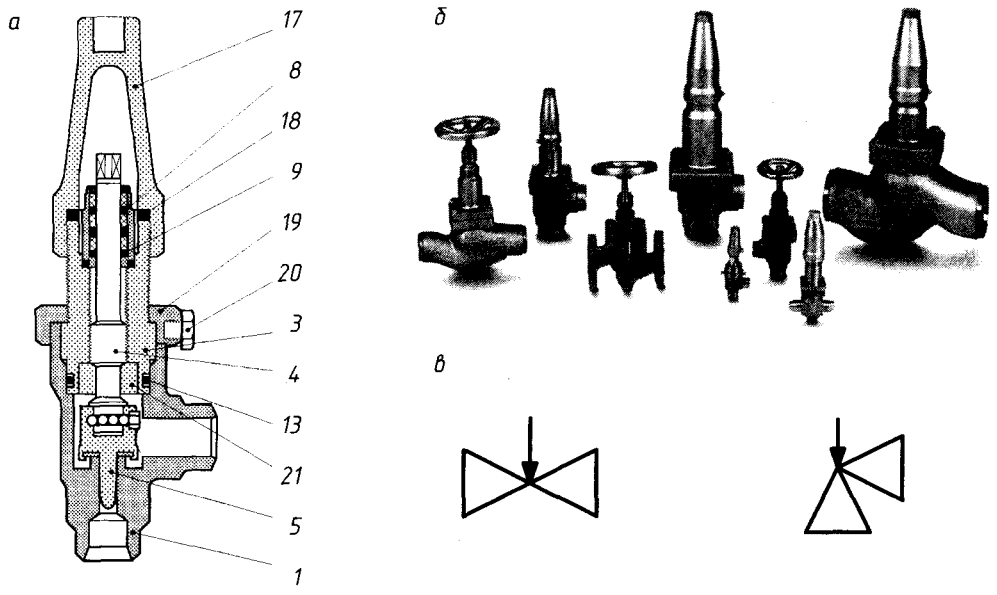



**Рис. 1.55.** Ручные регулирующие вентили: *а* — устройство регулирующего вентиля *REG 10*; б — внешний вид вентилей *Herl*; *в* — обозначение на схемах прямоточного и углового регулирующего вентиля (см. пояснения в тексте)

На рис. 1.56 показано устройство реле уровня и блока усиления, который используется вместе с ним.

Принцип действия прибора основан на том, что поплавок *10*, соединенный с сердечником, всплывает или опускается вместе с уровнем жидкости. Сила тока в катушке при этом изменяется, и контакты *6–7* замыкаются. Сигнал усиливается и поступает команда на закрытие или открытия подачи жидкого холодильного агента в аппарат или сосуд, либо на аварийную остановку холодильной установки.

Реле уровня выпускаются для защиты по верхнему и нижнему уровню. Различие состоит в замыкающихся контактах. На рис. 1.57 показана схема замыкания контактов реле нижнего уровня. Как видно, при снижении уровня в сосуде поплавок опускается, и контакты 6 и 7 замыкаются, подавая сигнал на исполнительные механизмы. При повышении уровня, как показано на рис. 1.57*б* контакты *6* и *7* реле верхнего уровня замыкаются и подают сигнал на исполнительные механизмы. Поплавковый регулятор может использоваться отдельно, напрямую подавая сигналы на исполнительные механизмы, или совместно с контроллерами типа EKA.

На рис. 1.58 показан внешний вид реле уровня и усилителя. Корпус усилителя выполнен из чугуна, внутренние механизмы — из стали, поэтому реле

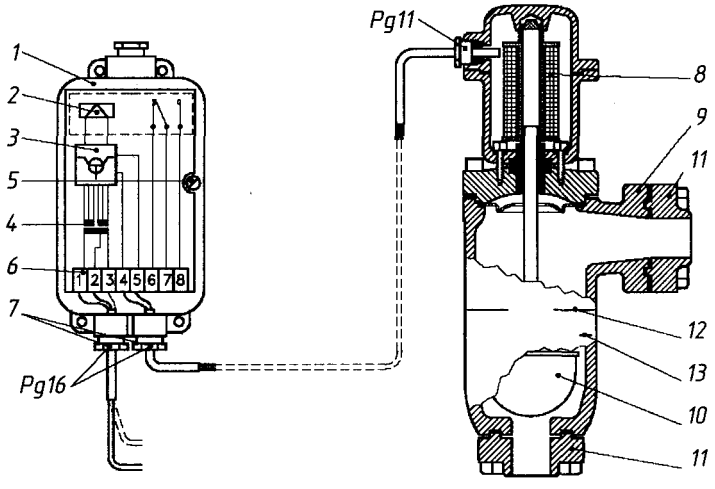



**Рис. 1.56.** Устройство реле уровня 38E: *1* — водонепроницаемый корпус усилителя; *2* — реле; *3* — усилитель; *4* — трансформатор; *5* — заземление; *6* — клеммы; *7* — кабельные вводы; *8* — катушка; *9* — корпус; *10* — поплавок; *11* — присоединительные фланцы; *12* — уровень для аммиака; *13* — уровень для *R*12-*R*22

может использоваться для аммиака и фреонов. Расшифровка букв в обозначении: *L* — уровень, *E* — электрическая величина, *T* — преобразование сигнала.

Емкостной датчик уровня типа *AKS* 41 — один из основных элементов автоматизации подачи жидкого холодильного агента в циркуляционный ресивер в насосно-циркуляционных схемах. Стержень датчика состоит из двух трубок (наружной и внутренней): изменение уровня жидкости, в свою очередь, меняет емкость между трубок.

Сигналом изменения уровня является изменение силы постоянного тока от 4 (жидкости нет) до 20 мА (стержень заполнен полностью). Трубки выполнены таким образом, что масло не может попасть внутрь и нарушить работу датчика.

Устройство датчика уровня, возможные длины и расположение контактов, показаны на рис. 1.59. Сигнал от датчика поступает на контроллер, который управляет исполнительными механизмами, подающими жидкий холодильный агент в циркуляционный ресивер. Используют емкостные датчики с контроллерами *EKS* 147 и расширительными вентилями типа *AKV*, *AKVA*, *MEV*. С электронными ТРВ других фирм-производителей эти датчики несовместимы.

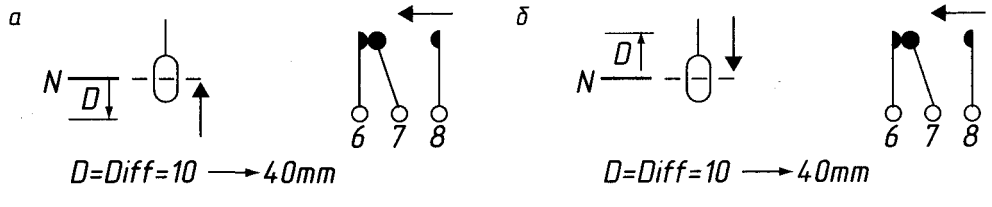



**Рис. 1.57.** Схема срабатывания контактов реле уровня: *а* — замыкание по нижнему уровню; *б* — замыкание по верхнему уровню

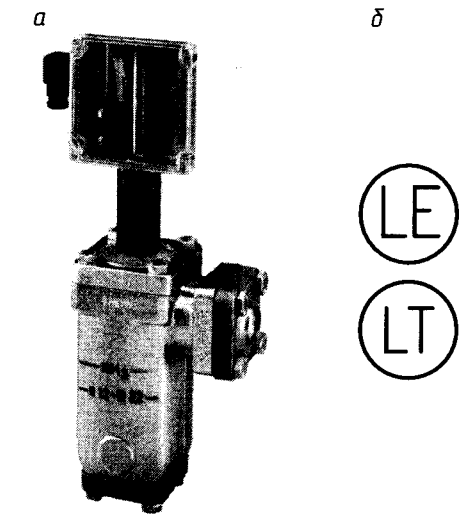



**Рис. 1.58.** Реле уровня: *а* — внешний вид; *б* — обозначения на функциональных схемах автоматизации

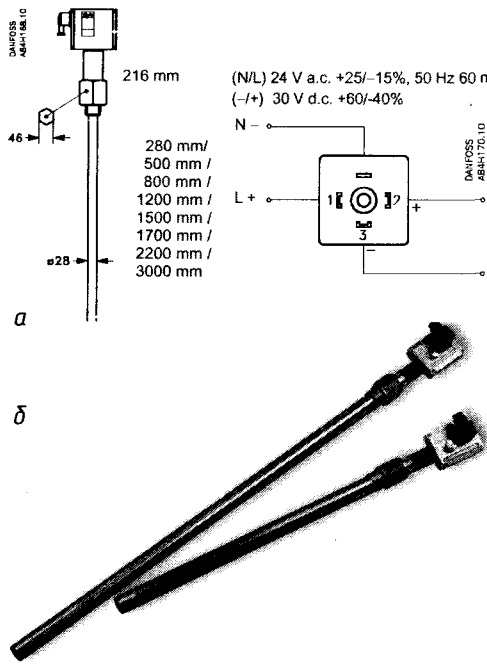



**Рис. 1.59.** Емкостной датчик уровня *AKS* 41: *а* — устройство; *б* — внешний вид

Датчик уровня предназначен, в основном, для крупных аммиачных холодильных установок. Калибровка датчика производится по $NH_3$. Стержни датчика изготовлены из стали. Обозначение датчика на схемах показано на рис. 1.58*б*: *L* — уровень, *T* — преобразование сигнала.

Поплавковые регуляторы уровня служат для поддержания постоянного уровня холодильного агента в ресиверах, конденсаторах и испарителях холодильных установок. Поплавковые регуляторы уровня довольно редко применяются в схемах холодильных установок из-за ограниченного модельного ряда и небольшого диапазона регулирования. Чаще поплавковые регуляторы уровня используют совместно с расширительными вентилями, в качестве пилотного. Гораздо чаще применяют поплавковые регуляторы уровня для поддержания уровня масла в картере фреонового компрессора в системах возврата масла.

На рис. 1.60 показан поплавковый регулятор прямого действия высокого давления. Как видно, если уровень холодильного агента повышается, поплавок *22* всплывает и открывает игольчатый клапан, при этом пропуская жидкий холодильный агент.

Аналогичным образом устроен поплавковый регулятор низкого давления, применяемый в испарителях, где уровень жидкого холодильного агента меняется незначительно. Устройство регулятора прямого действия показано на рис. 1.61. Ког-

да уровень жидкости опускается, поплавок *22*, также опускаясь, открывает клапан и пропускает в испаритель жидкий холодильный агент. Образующийся при дросселировании пар холодильного агента отводится по уравнительной линии *D*.

На рис. 1.62 показан внешний вид поплавковых регуляторов уровня различных производителей. Корпус и внутренние механизмы регулятора выполнены из стали, поэтому большинство поплавковых регуляторов можно использовать и для аммиака и для фреонов, рис. 1.62*а, б*. Регуляторы уровня масла используются только для фреона рис. 1.62*в*, так как системы возврата

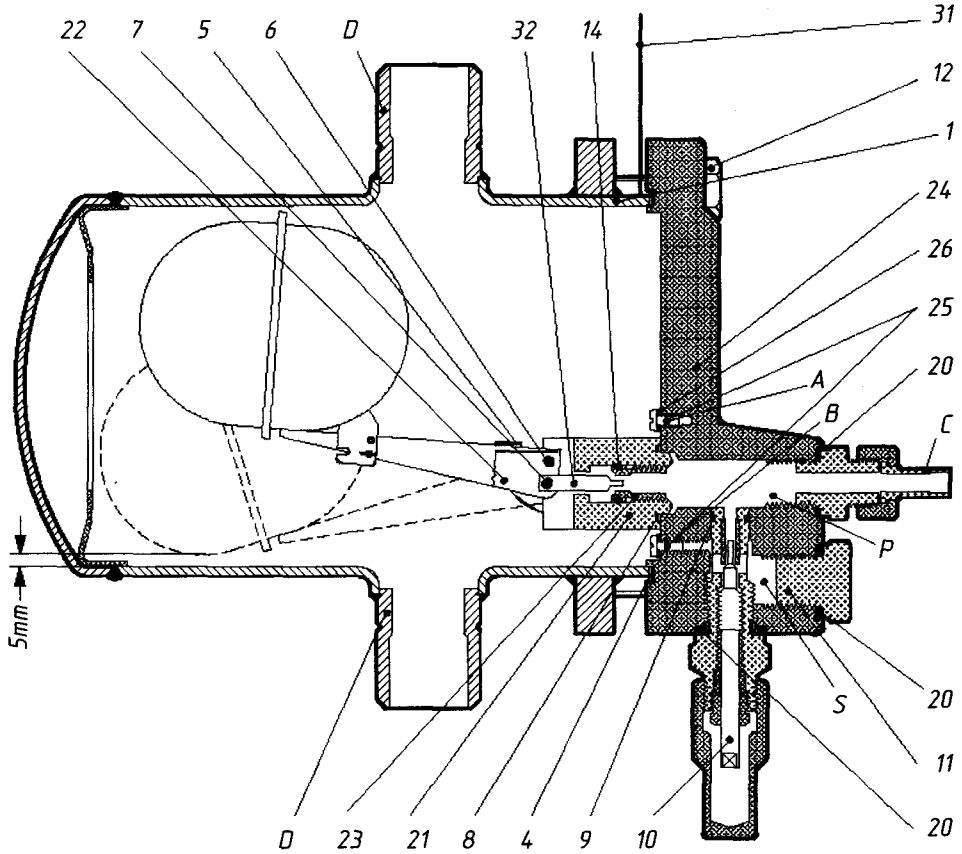



**Рис. 1.60.** Устройство поплавкового регулятора уровня *SV(H)*: *1* — поплавковая камера; *4* — уплотнение; *5* — фиксатор; *6*, *7* — ось; *8*, *9* — уплотнение; *10* — ручное регулирование дросселирования; *11* — заглушка; *12* — винт крышки; *14* — прокладка; *20* — уплотнение; *21* — корпус вентиля; *22* — поплавок; *23* — дюза клапана; *24* — крышка; *25* — винт; *26* — уплотнение; *31* — шильда; *32* — игла клапана; *C* — ниппель; *D* — присоединение уравнительной линии; *P* — параллельное соединение поз. *C* (винт 25 в поз. *A*); *S* — серийное подключение поз. *C* (винт 25 в поз. *B*)

масла в аммиачных и фреоновых холодильных установках отличаются. Присоединение, как правило, сварное, для систем возврата масла — на накидных гайках. К картеру компрессора присоединение фланцевое, стандартизированное для монтажа вместо указательного глазка. Для контроля уровня масла в картере, в самом регуляторе устроен собственный глазок, с плавающим шариком. На рис. 1.61*г* показано его обозначение на функциональных схемах автоматизации.

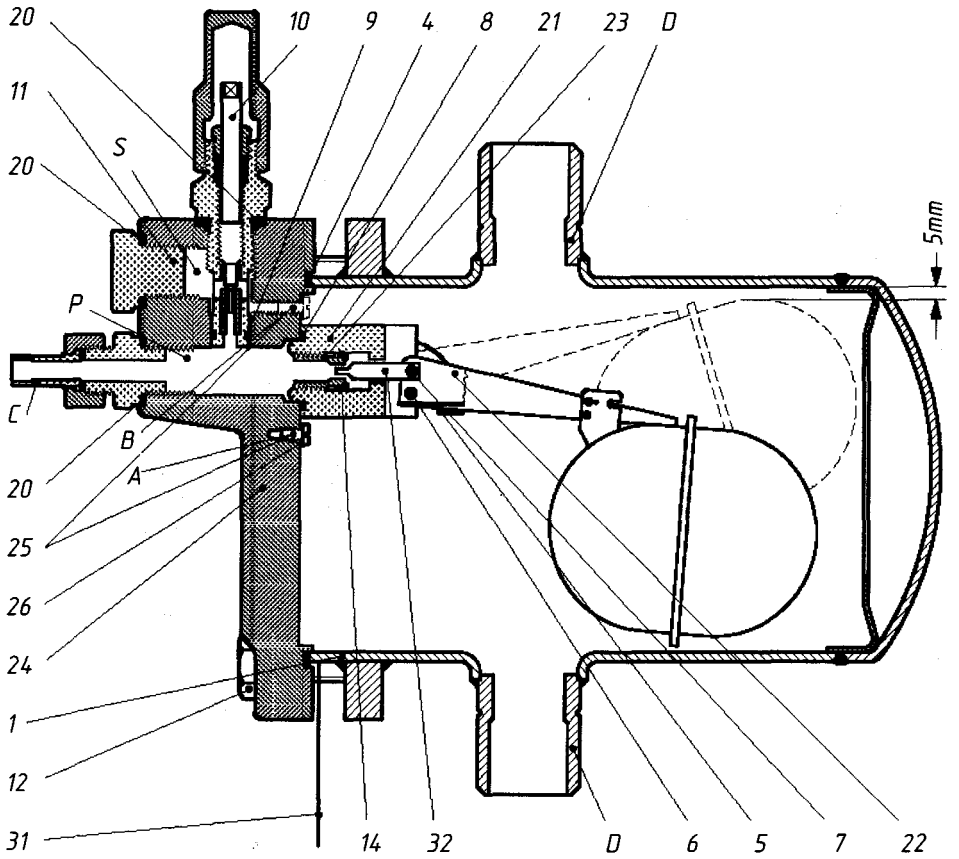



**Рис. 1.61.** Устройство поплавкового регулятора уровня *SV(L)*: *1* — поплавковая камера; *4* — уплотнение; *5* — фиксатор; *6, 7* — ось; *8, 9* — уплотнение; *10* — ручное регулирование дросселирования; *11* — заглушка; *12* — винт крышки; *14* — прокладка; *20* — уплотнение; *21* — корпус вентиля; *22* — поплавок; *23* — дюза клапана; *24* — крышка; *25* — винт; *26* — уплотнение; *31* — шильда; *32* — игла клапана; *C* — ниппель; *D* — присоединение уравнительной линии; *P* — параллельное соединение поз. *C* (винт 25 в поз. *A*); *S* — серийное подключение поз. *C* (винт 25 в поз. *B*)

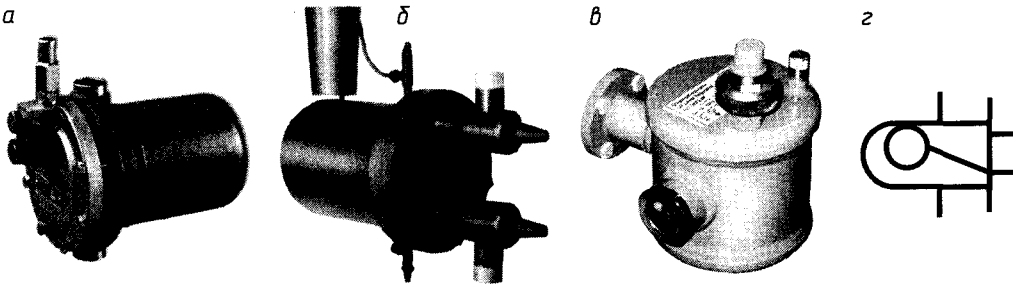


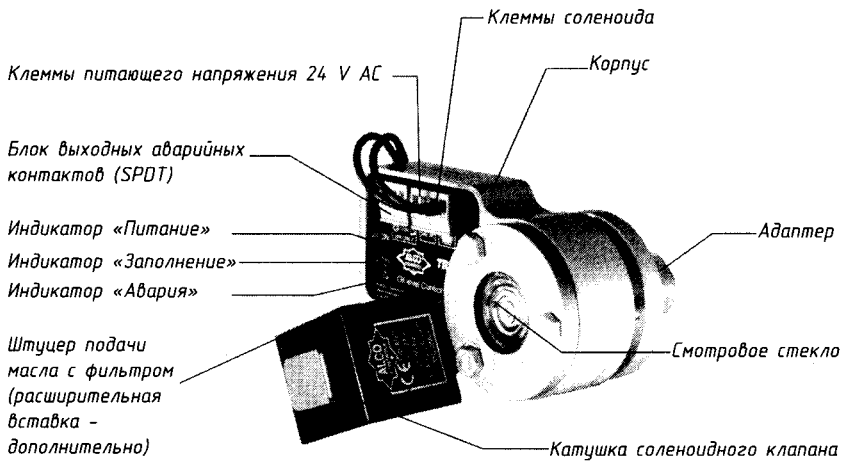

**Рис. 1.62.** Внешний вид поплавковых регуляторов уровня: *а* — *SV*; *б* — производства *Witt*; *в* — *Oilstar* для системы возврата масла; *г* — наиболее распространенное обозначение на схемах

Одной из модификаций поплавкового регулятора уровня является электронный регулятор возврата масла. Данная система рекомендуется для многокомпрессорных схем с переменными режимами работы: это чувствительная система с поплавком, который перемещается вместе с уровнем масла и изменяет при этом магнитное поле, что фиксируется датчиком Холла. Тот, в свою очередь, подает сигнал на открытие соленоидного клапана, который пополняет картер маслом. Если в течение 120 с после открытия клапана уровень не выравнивается, компрессор может быть остановлен.

Система встраивается вместо глазка в картер как полугерметичных, так и герметичных компрессоров. Она имеет адаптеры для совмещения с большинством наиболее распространенных марок компрессоров. Также прибор оснащен собственным смотровым глазком, который позволяет визуально отслеживать уровень масла. Состояние системы наглядно отражается на блоке светодиодами красного, желтого и зеленого цветов.

На рис. 1.63 показано устройство электронной системы возврата масла и ее подключение.

Ряд устройств, используемых в холодильной технике, не является непосредственно приборами автоматизации, но они могут дополнить или заменить некоторые приборы. К таким устройствам можно отнести указатели уровня жидкости в ресиверах и аппаратах, смотровые глазки в картерах компрессоров и в аппаратах, смотровые глазки в жидкостных линиях на фреоновых холодильных установках. С их помощью можно проконтролировать работу средств автоматизации, так как загрязнение системы, неправильная регулировка или монтаж часто не позволяют приборам автоматизации вовремя срабатывать. Устройства, показывающие действительный уровень жидкого холодильного агента или масла в системе, можно использовать для диагностики несвоевременного срабатывания. Большим недостатком таких устройств является частое загрязнение стекол и затруднения при определении уровня в




*а*

*б*

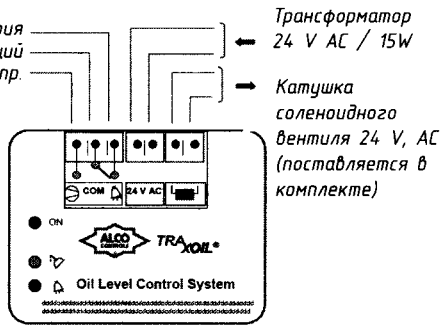



**Рис. 1.63.** Электронный регулятор уровня масла в картере *OMA TraxOil, Alco*: *а* — устройство и внешний вид; *б* — электроподключение

условиях плохого освещения. Часто шарик, который должен указывать уровень, теряется при монтаже, а некоторые модели указателей не оборудуются шариком. Большую проблему представляет масло в ресиверах, загустевающее при низких температурах и закупоривающее отборные трубки.

Указатели уровня (стекло Клингера) — наиболее распространенные и традиционные устройства для определения уровня в сосудах и аппаратах. Как правило, ресиверы оборудованы смотровым стеклом с запорной арматурой, корпус указателя уровня изготавливают из стали. Внешний вид указателя показан на рис. 1.64: *L* — уровень, *I* — показывающий. Внизу указателя, как это видно на рис. 1.64 *а* расположен шарик *15*, всплывающий при появлении жидкости.

Для определения наличия протока жидкого фреона, наличия влаги в системе и косвенного определения нехватки фреона (утечек) используются смотровые стекла. Они выполняются из латуни с медными или омедненными патрубками под пайку или накидную гайку. Подобные устройства разработаны и для аммиачных холодильных установок, однако большого распространения они не получили. На глазке под стеклом нанесено коль-

цо, сектора которого постепенно меняют цвет, при наличии влаги в системе, с зеленого на желтый. Зеленый (*DRY*) — система сухая, желтый (*WET*) — в системе много влаги, необходимо менять фильтр-осушитель. Желто-зеленый цвет предупреждает о необходимости замены фильтра. На глазках производства *Alco* состояние «сухо» обозначается синим цветом, «влага» — красным. Глазки, не имеющие указателя влаги в системе, могут ввинчиваться в корпус небольшого ресивера, маслоотделителя и в картер компрессора. На рис. 1.65 показаны глазки различных производителей и их условное обозначение на функциональных схемах автоматизации.

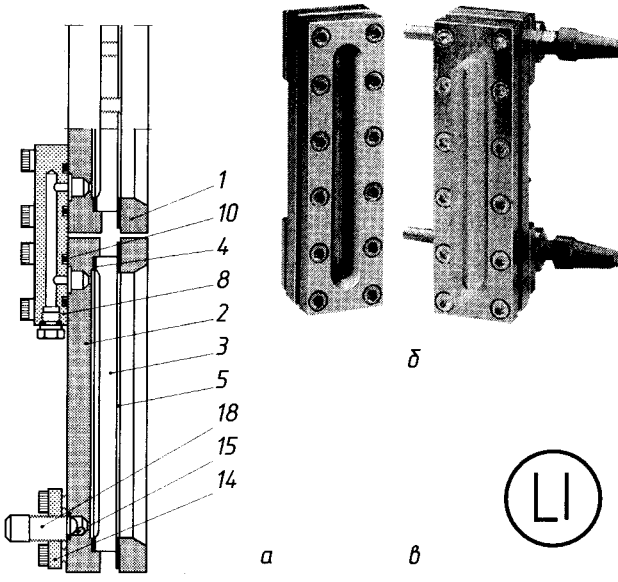



**Рис. 1.64.** Указатели уровня: *а* — устройство: *1, 2* — передняя и задняя рамы; *3* — стекло; *4* — прокладка; *5* — защитное покрытие стекла; *8* — присоединение; *10* — прокладка; *14* — фланец; *15* — шарик; *18* — приварной ниппель; *б* — внешний вид; *в* — условное обозначение

Для регулирования уровня в холодильной технике применяется множество разнообразных по конструкции и внешнему виду регуляторов уровня, однако принцип их действия аналогичен описанному выше.

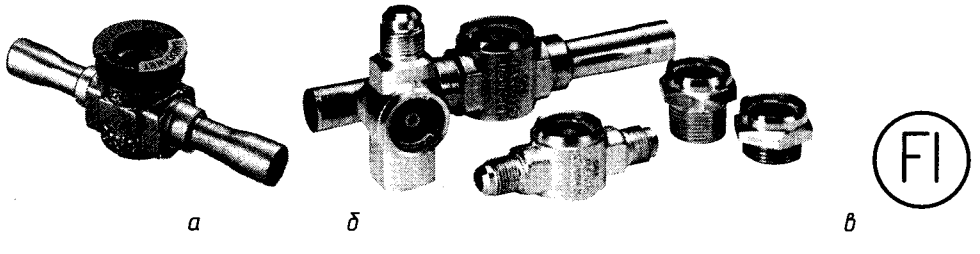



**Рис. 1.65.** Внешний вид смотровых глазков: *а* — *Castel*; *б* — *Danfoss*; *в* — обозначение на схемах

Часто используются емкостные датчики уровня (по несколько на одном блоке), отпиленные, соответственно, по нижнему, рабочему и верхнему уровню, которые управляют открытием и закрытием соленоидного клапана, или задвижки с моторным приводом. Так же встречаются различные поплавковые регуляторы для воды. На небольших технологических емкостях и сосудах можно встретить простейшие указатели уровня, выполненные из прозрачных гибких трубок, надетых на отборные трубки, вваренные в сосуд.

## 1.2.4. Отсекающие устройства

К отсекающим устройствам в автоматизации холодильных установок следует отнести соленоидные клапаны, моторные вентили, дисковые затворы с моторными приводами, и, в какой-то мере, обратные, обратнозапорные клапаны и запорные вентили, непосредственно не являющиеся средствами автоматизации.

Соленоидные клапаны служат для отсечения потока жидкости или пара. В холодильной технике их применяют как для жидкого холодильного агента, так и для воды — в трубопроводах небольшого диаметра. Как показано на рис. 1.66, соленоидный клапан состоит из корпуса и катушки, которая за счет магнитного поля передвигает сердечник, открывая и закрывая клапан. Различают нормально открытые при отключенном питании (*NO — normal open*) и нормально закрытые при отключенном питании (*NC — normal closed*) клапаны. В холодильной технике чаще применяется нормально закрытые.

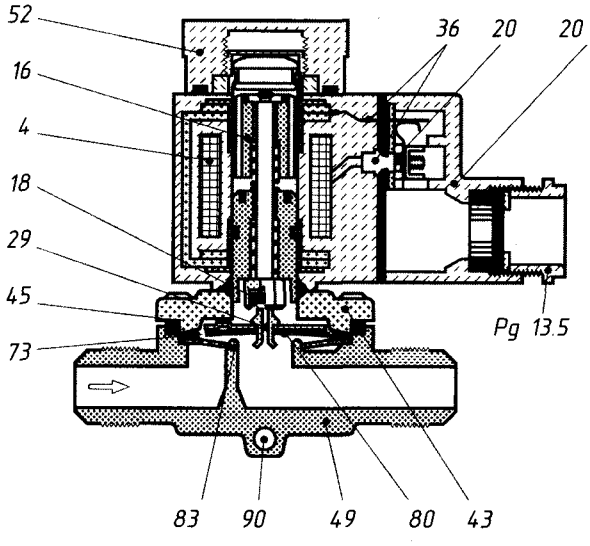



**Рис. 1.66.** Устройство соленоидного клапана *EVR* 10 (*NO*): *4* — обмотки; *13,5* — сальниковый ввод; *16* — сердечник; *18* — пластина клапана; *20* — заземление; *29* — дюза; *36* — пробка; *43* — крышка клапана; *45* — уплотнение; *49* — корпус клапана; *52* — крышка; *73* — отверстие для уравнивания; *80* — диафрагма; *83* — седло клапана; *90* — монтажное отверстие

Различают соленоидные клапаны для фреонов и аммиака. Фреоновые клапаны имеют медные или латунные присоединения под

пайку или накидную гайку. Аммиачные клапаны малой мощности имеют фланцы под сварку и под стальную накидную гайку. У аммиачных и фреоновых клапанов большой мощности трубопровод приваривается к патрубкам, выполненным под приварку на корпусе клапана/вентиля. Аммиачные клапаны могут применяться и для фреонов. Проточные части соленоидных клапанов для воды и для холодильных агентов различаются. На рис. 1.68 изображен соленоидный клапан для воды и хладоносителей.

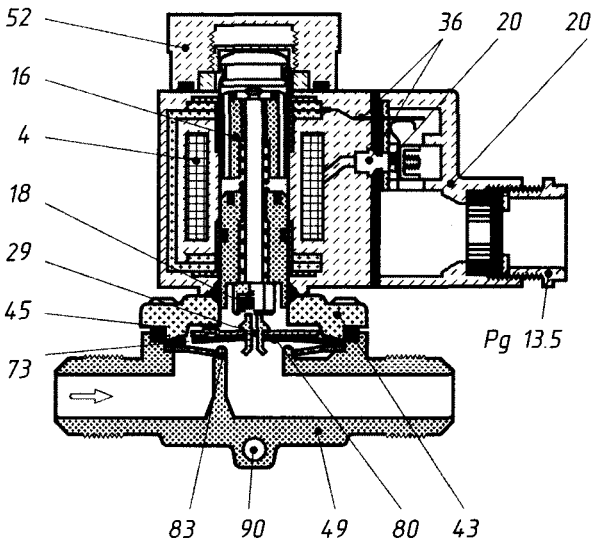



**Рис. 1.67.** Устройство соленоидного клапана *EVRA* 40: *4* — обмотки; *13,5* — сальниковый ввод; *16* — сердечник; *18* — пластина клапана; *20* — заземление; *28* — уплотнение; *29* — дюза; *30, 44* — кольцевое уплотнение; *31* — поршневое кольцо; *36* — пробка; *40* — крышка катушки; *43* — крышка клапана; *45* — уплотнение; *49* — корпус клапана; *51* — крышка; *52* — крышка; *53* — шпиндель ручного открытия; *73* — отверстие для уравнивания; *74* — магистральный канал; *76* — пружина; *80* — диафрагма; *83* — седло клапана; *84* — пластина клапана

Корпуса небольших клапанов изготавливают из латуни, крупных — из чугуна, внутренние механизмы изготавливаются из стали. Катушки в основном применяются однофазные, для переменного тока на 220В и 50Гц. Для стран со специфическими параметрами электросетей выпускают самые разнообразные катушки, в том числе для постоянного тока и сетей с частотой 60Гц.

На рис. 1.69 показан внешний вид соленоидных клапанов для фреона различных производителей. На практике, в холодильной технике редко встречаются клапаны с пневмоприводом, как правило, они характерны для технологического оборудования пивоваренных заводов.

На рис. 1.70*а* показаны аммиачные соленоидные клапаны. На рис. 1.70*б* приведено условное обозначение соленоидного клапана на функциональной схеме автоматизации холодильной установки.

Моторные вентили отличаются от соленоидных клапанов тем, что вместо катушки, которая поднимает или опускает сердечник, здесь установлен электродвигатель, который выкручивает или вкручивает шпиндель, открывая или закрывая вентиль. Моторные вентили особенно распространены на воде

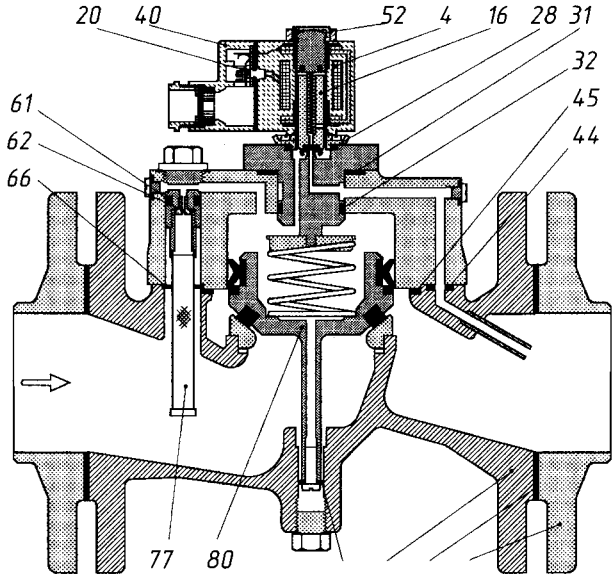



**Рис. 1.68.** Устройство соленоидного клапана *EVSI* 65: *4* — обмотки; *16* — сердечник; *20* — заземление; *28* — уплотнение; *31, 32* — кольцевое уплотнение; *45* — уплотнение крышки клапана; *47* — фланцы; *49* — корпус клапана; *50* — уплотнение; *52* — крышка; *61, 66* — кольцевое уплотнение; *62* — дюза; *77* — фильтр; *80* — сервопривод

и хладоносителях, однако, как было указано выше, применяются и для холодильных агентов. Устройство моторного вентиля, его внешний вид и обозначение на схемах показаны на рис. 1.71.

Корпус моторного вентиля изготавливают из чугуна, внутренние механизмы — из стали. Как правило, моторные вентили имеют фланцевое присоединение, буква *M* — в данном случае обозначает электродвигатель.

Дисковые затворы с моторным приводом имеют, как правило, два положения: полностью открыт и полностью закрыт. Они состоят из круглого корпуса с уплотнением, который имеет диск, перекрывающий проток. Из-за некоторого сходства с бабочкой,

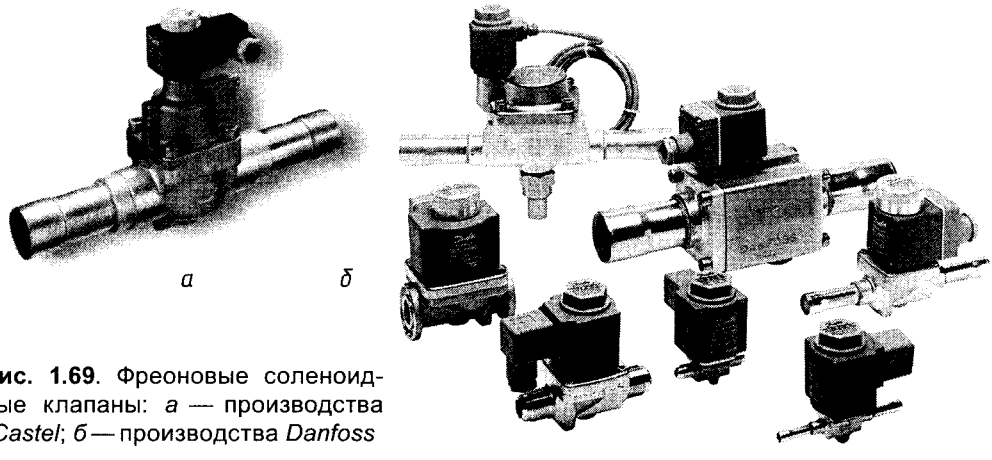
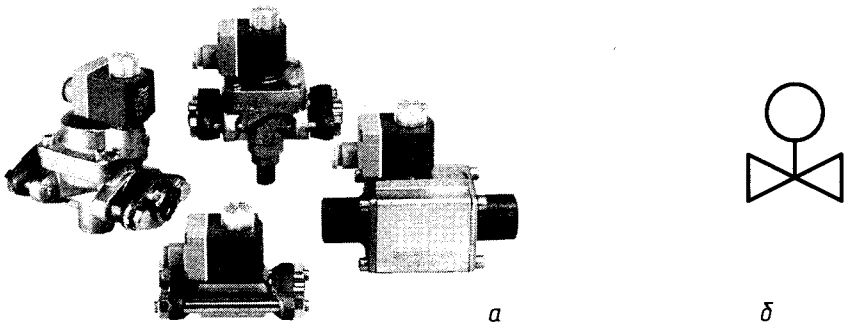



**Рис. 1.69.** Фреоновые соленоидные клапаны: *а* — производства *Castel*; *б* — производства *Danfoss*



*а* *б*

**Рис. 1.70.** Соленоидные клапаны: *а* — аммиачные; *б* — условное обозначение

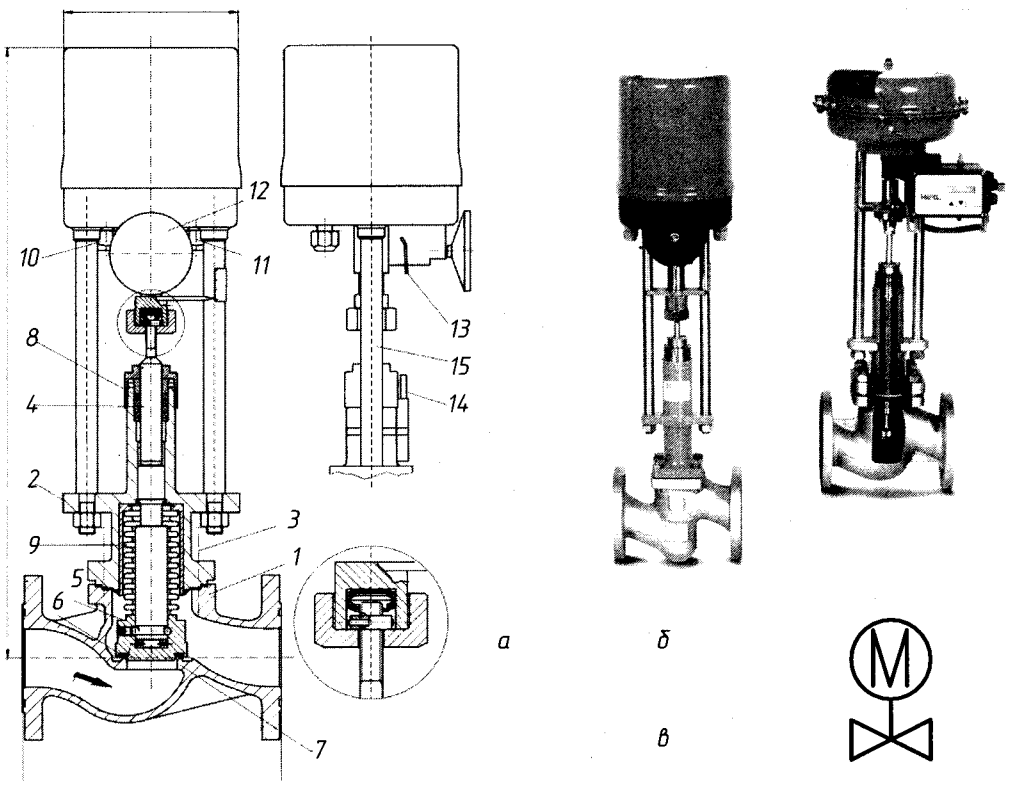



**Рис. 1.71.** Моторные вентили: *а* — устройство: *1* — корпус, *2* — верхняя часть, *3* — болты, *4* — шпиндель, *5* — клапан, *6* — уплотнение клапана, *7* — седло, *8* — уплотнение, *9* — сильфон, *10*, *11* — сальники подключения кабеля, *12* — маховик, *13* — рычаг ручного управления, *14* — обогрев шпинделя, *15* — стойка; *б* — внешний вид моторных вентилей *Herl*; *в* — условное обозначение

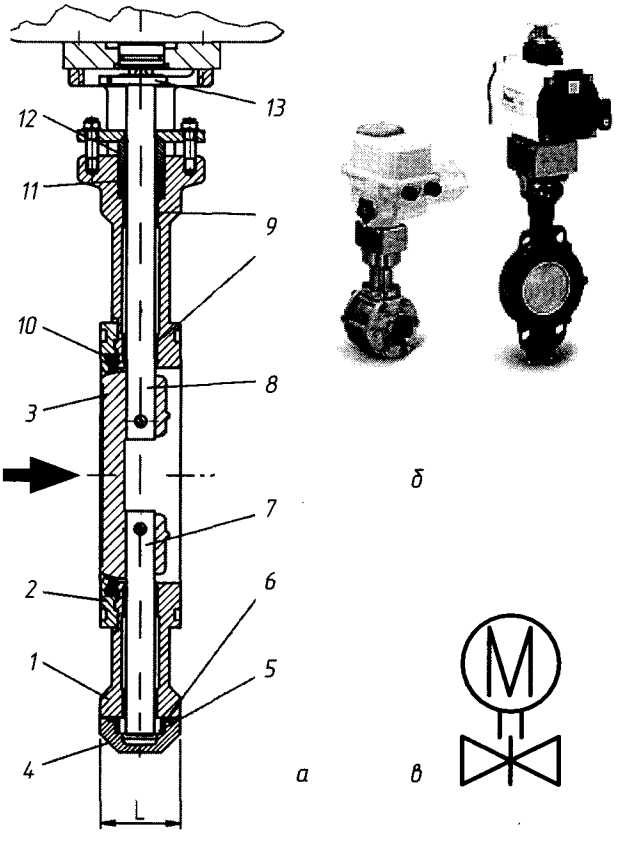



**Рис. 1.72.** Дисковые затворы с электроприводом: *а* — устройство: *1* — корпус, *2* — монтажное уплотнение, *3* — диск, *4* — крышка днища, *5* — центрирующая проточка, *6* — уплотнение, *7* — нижний шток, *8* — верхний шток, *9* — уплотнение, *10* — седло, *11* — стойка, *12* — крышка сальника, *13* — ограничитель хода; *б* — внешний вид дискового затвора для холодильных агентов *Herl*; *в* — условное обозначение

неофициальное название таких затворов «*butterfly*». На рис. 1.72 *а* показано устройство дискового затвора.

Дисковые затворы предназначены, в основном, для воды и хладоносителей, в том числе для хлористого кальция, однако в Европе они часто устанавливаются на всасывающие линии компрессоров в качестве отсечных устройств, причем на аммиачных холодильных установках. Обычно используют дисковый затвор с рукояткой или маховиком, привод при этом ручной. Дисковые затворы с электро- или пневмоприводом могут также открываться и закрываться вручную. Внешний вид и обозначение затворов показаны на рис. 1.72*б* и *в*.

Обратные клапаны предназначены для того, чтобы не пропускать поток в обратном направлении. Устройство обратного клапана показано на рис. 1.73*а*.

Схема работы обратного клапана очень проста: сила потока поднимает клапан и дает возможность среде проходить через него, когда сила потока ослабевает, пружина возвращает клапан на место, тем самым закрывая его. Обратные клапаны применяются как для контура с холодильным агентом, так и для контура хладоносителя и воды. Для воды и хладоносителей можно использовать простые обратные клапаны без пружины. Корпуса выполняются, как правило, из чугуна и стали, внутренние механизмы — стальные. Крупные промышленные обратные клапаны могут использоваться для ам-

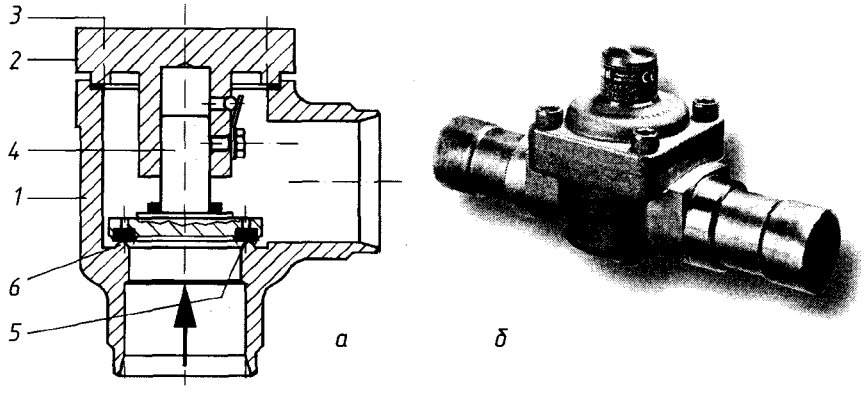



**Рис. 1.73.** Обратные клапаны: *а* — устройство углового клапана *Herl*: *1* — корпус, *2* — крышка, *3* — болт, *4* — клапан, *5* — уплотнение клапана, *6* — седло клапана; *б* — внешний вид прямоточного фреонового обратного клапана

миака, фреонов, хладоносителей и воды. Фреоновые обратные клапаны выполнены под пайку и могут использоваться только для фреона (рис. 1.73*б*), обратные клапаны для воды и хладоносителей используются только для этих сред.

Кроме обратных клапанов существуют обратнозапорные. В одном корпусе реализуются сразу два устройства, что удешевляет схему, практически не снижая ее надежности, и уменьшает габариты установки. На рис. 1.74 показано устройство такого обратнозапорного клапана и его обозначение на принципиальных схемах. На функциональных схемах автоматизации данные клапаны также необходимо показывать, так как хотя сами по себе они не являются

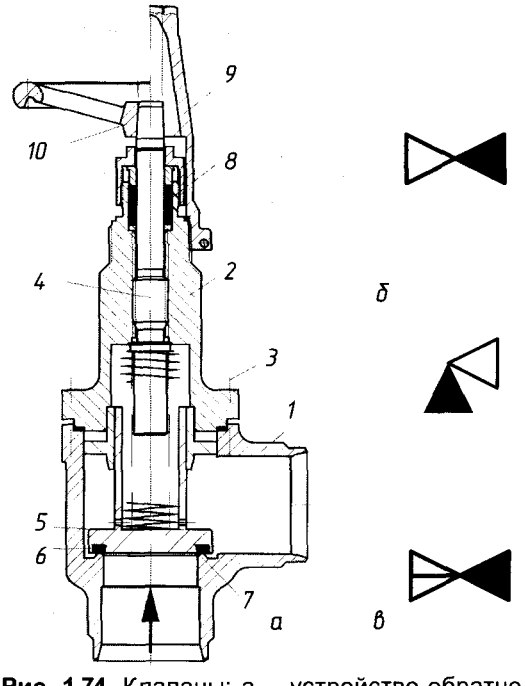



**Рис. 1.74.** Клапаны: *а* — устройство обратнозапорного клапана *Herl*: *1* — корпус, *2* — крышка, *3* — болт, *4* — шпиндель, *5* — клапан, *6* — уплотнение клапана, *7* — седло клапана, *8* — уплотнение, *9* — колпачок, *10* — маховик; *б* — обозначение прямоточного и углового обратного клапана; *в* — обозначение обратнозапорного прямоточного клапана

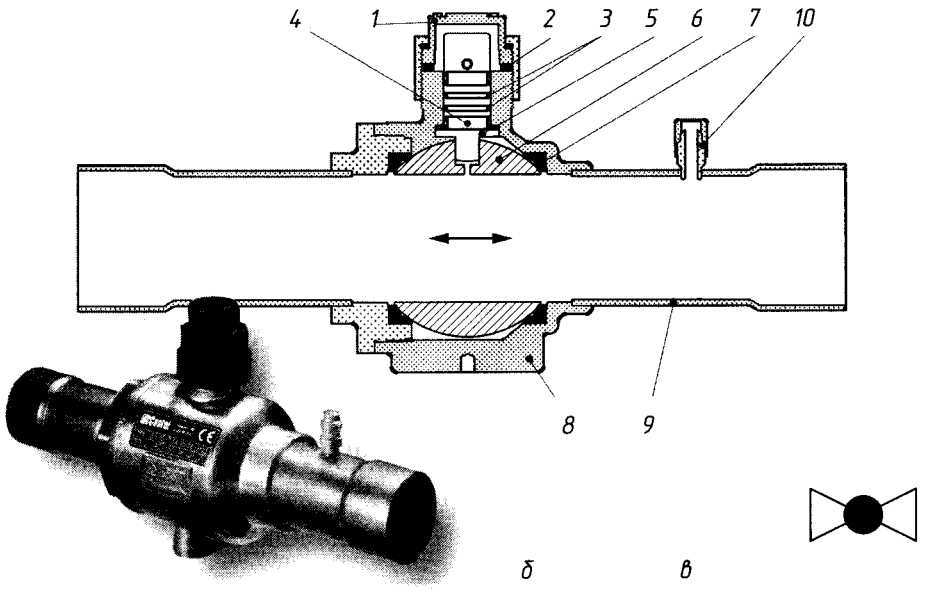



**Рис. 1.75.** Шаровой вентиль: *1* — крышка, *2* — прокладка, *3* — уплотнение, *4* — шпиндель, *5* — кольцо, *6* — шар, *7* — седло, *8* — корпус, *9* — присоединение под пайку, *10* — сервисный штуцер; *б* — внешний вид; *в* — обозначение

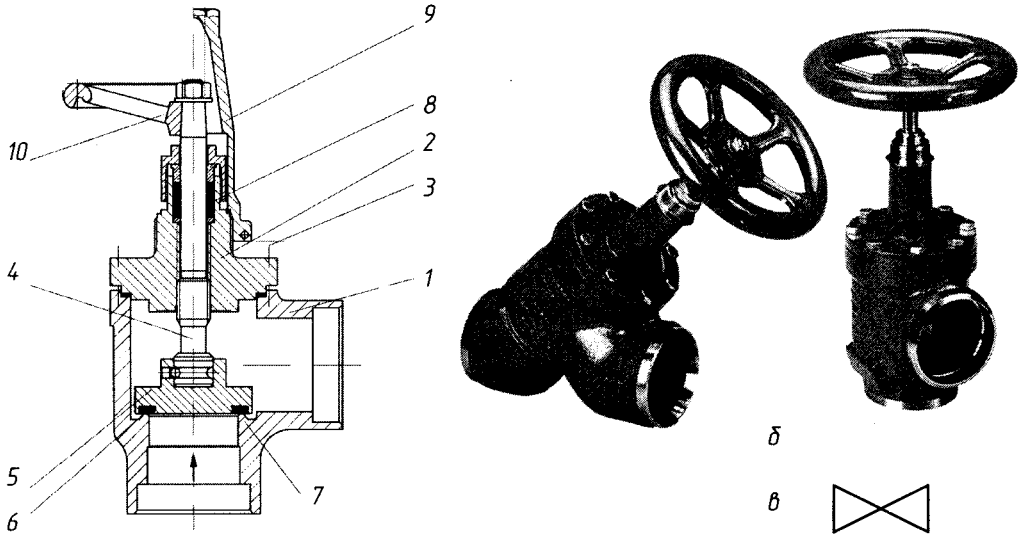



**Рис. 1.76.** Запорный вентиль: *1* — корпус, *2* — крышка, *3* — болт, *4* — шпиндель, *5* — клапан, *6* — уплотнение клапана, *7* — седло клапана, *8* — уплотнение, *9* — колпачок, *10* — маховик; *б* — внешний вид; *в* — обозначение

приборами автоматизации, их применение может полностью изменить работу холодильной установки и алгоритм автоматизации.

Запорные вентили служат для отсекания потока жидкости или пара в холодильной установке. Они не относятся к приборам автоматизации, так как приводятся в действие вручную, однако являются важным вспомогательным элементом. Запорные вентили помогают отсоединить автоматику от системы для тарировки или ремонта.

В холодильной технике используют множество вентилей различного рода: игольчатые, пробковые, мембранные и шаровые, различающиеся типом запирания потока. Также существуют трехходовые вентили, использующиеся для предохранительных клапанов и на небольших ресиверах. Игольчатые и мембранные вентили используются в основном как сервисные; пробковые, с выпуском воздуха, — для манометров на воде и хладоносителях. Фреоновые холодильные установки оборудуются шаровыми запорными вентилями под пайку, их устройство и внешний вид показаны на рис. 1.75.

Для аммиачных и крупных фреоновых установок применяют стальные вентили, под сварку (рис. 1.76).

## 1.2.5. Вспомогательные устройства

В холодильной технике используется множество устройств для автоматизации, не связанных с давлением, температурой или уровнем. Кроме описанных в этой главе приборов, применяются ультразвуковые расходомеры, самописцы, измеряющие и фиксирующие в виде графиков различные величины (измеряемые величины могут быть переданы на персональный компьютер ПК или зафиксированы на бумажной ленте), датчики разности плотности, положения и многие другие.

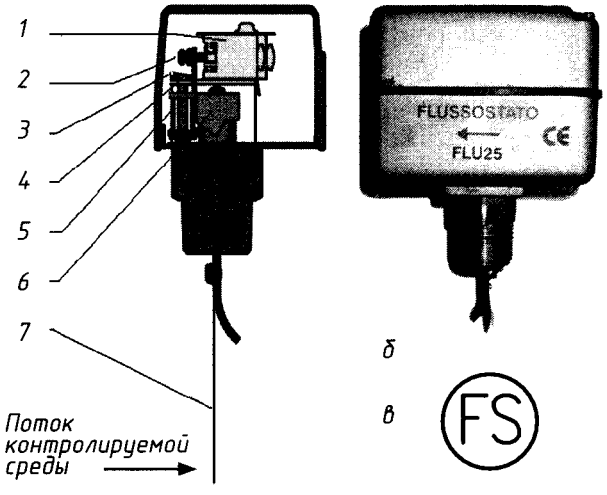
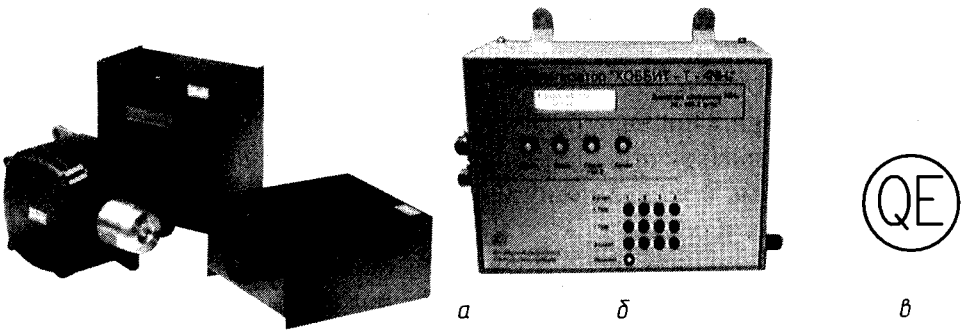



**Рис. 1.77.** Реле протока: *а* — устройство (*1* — переключатель, *2* — регулировочный винт, *3* — пружина, *4* — винт регулировки протока, *5* — регулировочная пружина потока, *6* — регулировочная скоба, *7* — лепесток); *б* — внешний вид; *в* — обозначение на схемах

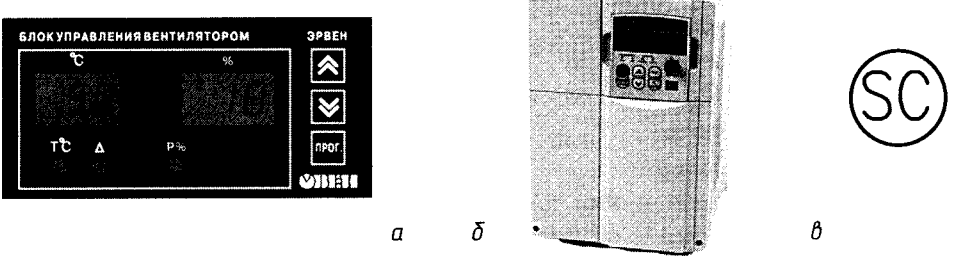



*а* *б* *в*

**Рис. 1.78.** Датчики концентрации и система газоанализации: *а* — датчики концентрации; *б* — блок управления с индикацией (дисплеем); *в* — обозначение на схемах

Реле протока показывает наличие или отсутствие протока жидкости в трубе. Это устройство необходимо для автоматизации насосов для воды и хладоносителей, а так же для систем возврата масла. Реле протока состоит из лепестка, который закреплен на штоке. Лепесток под действием потока отклоняется и, в зависимости от присоединения, замыкает или размыкает клеммы, тем самым подавая сигнал для запуска или остановки насоса. Реле протока, как правило, изготавливают с латунной присоединительной частью, лепесток — из коррозионностойкой стали. Существуют реле протока других конструкций, но приведенная на рис. 1.77 наиболее распространена: *F* — означает проток, *S* — включение, отключение, переключение, блокировка.

Датчики концентрации предназначаются для измерения содержания аммиака в воздухе рабочей зоны и оповещения о недопустимом уровне его содержания. Газоанализатор необходим для обеспечения безопасных условий труда и может быть использован также в противоаварийных системах защиты. Иногда датчики концентрации используют в системах оборотного водоснабжения для определения концентрации соли в воде и, соответственно, необходимости продувки системы.




*а* *б* *в*

**Рис. 1.79.** Регуляторы частоты вращения: *а* — для вентилятора «ОВЕН»; *б* — промышленная модель «ВЕСПЕР»; *в* — обозначение на схемах

Датчики концентрации всегда применяются совместно с блоками усиления и управления. Один блок может получать информацию от нескольких десятков датчиков, расположенных в сотнях метров от него. Для аммиачных холодильных установок используют датчики и блоки с исполнением *IP* 65. На рис. 1.78 показан внешний вид датчиков концентрации, блоков управления и обозначение: *Q* — концентрация, *E* — разность, перепад. Датчики могут быть электромеханическими, полупроводниковыми, каталитическими и инфракрасными. Наиболее распространены электромеханические датчики — они самые точные, однако дорогие и служат не больше двух лет.

Регулятор частоты вращения электродвигателя предназначен для регулирования частоты вращения крыльчатки вентилятора, колеса насоса или, реже, — компрессора. На рис. 1.79 показан внешний вид различных регуляторов и их обозначения на схемах: *S* — частота, *C* — автоматическое регулирование, управление. Регулятор может так же закрепляться непосредственно на двигатель. Выпускают насосы для воды и хладоносителя со встроенным регулятором, их характеристики при различных режимах, как правило, приводятся в каталогах.

Устройства защиты электродвигателя выпускаются разнообразными производителями, однако прибор *INT69* (или его более старая модель, *INT389)* изготовляемые фирмой *Kriwan*, заслуженно пользуются наибольшей популярностью у производителей компрессорного оборудования. Этот прибор устанавливается в клеммную коробку компрессора и позволяет защитить электродвигатель от перекоса фаз, выпадения фазы, повторного пуска, превышения температуры обмоток электродвигателя и температуры нагнетания. Приборы *SE-B1* и *SE-B2* выпущены для замены *INT69* и выполняют анало-

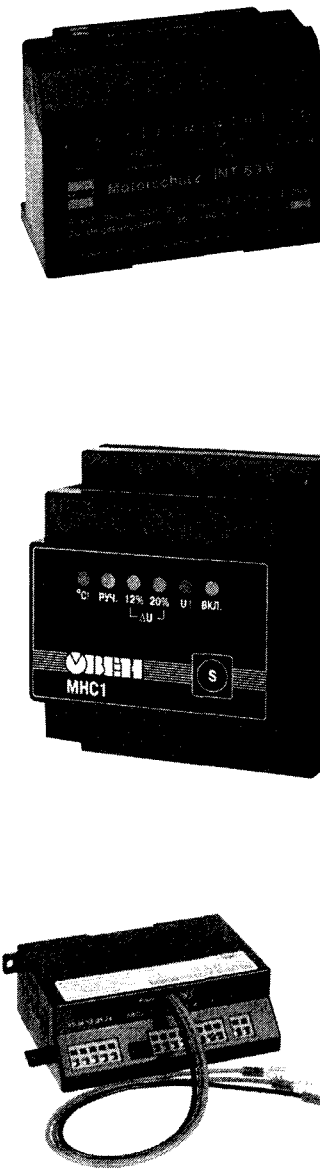



**Рис. 1.80.** Прибор защиты электродвигателя: *а* — *INT* 69; *б* — монитор напряжения МНС 1 для установки в щите; *в* — *SE-B1* (*SE-B2*)

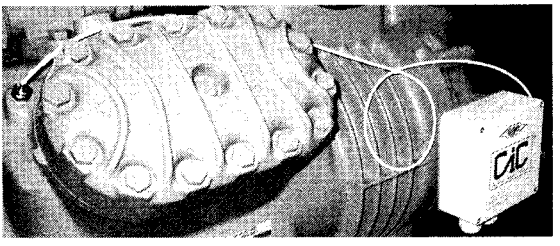


**Рис. 1.81.** Система впрыска жидкости

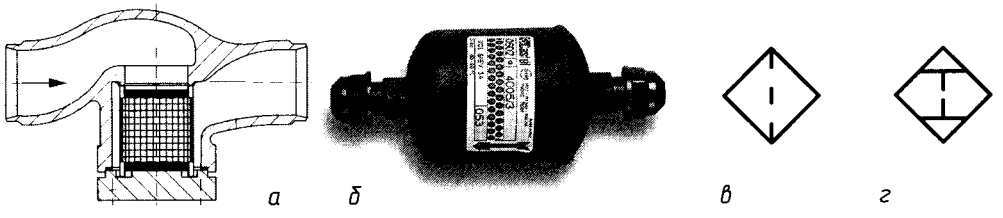



**Рис. 1.82.** Фильтры: *а* — устройство; *б* — фильтр-осушитель; *в* — обозначение на схемах фильтра; *г* — обозначение фильтра-осушителя

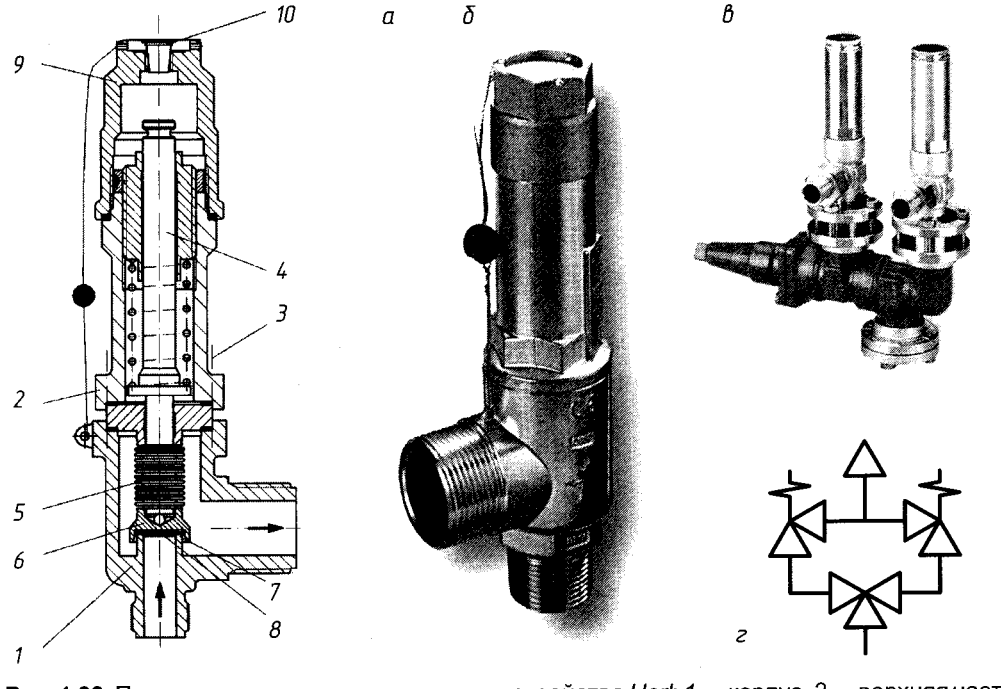



**Рис. 1.83.** Предохранительные клапаны: *а* — устройство *Herl*: *1* — корпус, *2* — верхняя часть, *3* — болт, *4* — шпиндель, *5* — сильфон, *6* — клапан, *7* — уплотнение, *8* — седло, *9* — крышка, *10* — уравновешивающее отверстие; *б* — внешний вид *Castel*; *в* — смонтированные на трехходовом вентиле; *г* — обозначение на схеме двух клапанов и трехходового вентиля

гичные функции. На рис. 1.80*а*, *б* и *в* показан внешний вид приборов защиты.

Датчик температуры, как правило, является термометром сопротивления и вплетается в обмотки электродвигателя: он защищает электродвигатель от выхода из строя, подавая сигнал на отключение питания при повышении температуры обмоток.

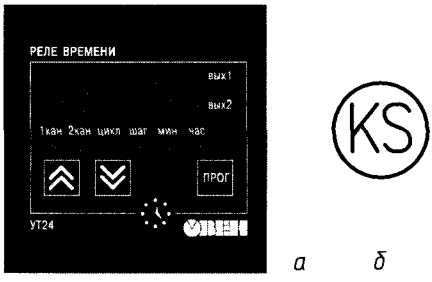



**Рис. 1.84.** Реле времени: *а* — производства «ОВЕН» для установки на стене; *б* — обозначение на схемах

Система впрыска жидкости состоит из управляющего блока, который крепится на компрессоре, соленоидного клапана, впрыскивающего жидкость и датчика температуры. На рис. 1.81 показана такая система (*CIC*, поставляемая с компрессорами марки *Bitzer*), закрепленная на полугерметичном компрессоре. На фотографии виден кабель датчика температуры.

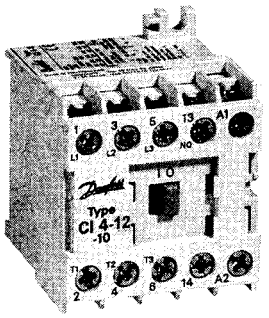
При низких температурах в одноступенчатом сжатии неизбежно происходит повышение температуры конца сжатия, поэтому для ее снижения в компрессор впрыскивается жидкость.

Фильтр необходим для удаления из системы механических примесей. Он является обязательным атрибутом контуров холодильного агента, хладоносителя и воды. При отсутствии фильтра сама идея автоматизации сводится на нет из-за механических частиц и воды, препятствующих срабатыванию приборов автоматизации. Фильтры также устанавливают перед крупными клапанами, для чего на корпусе выполняются специальные крепления. Изготавливают .фильтры из фильтрующей сетки с ячейками различной величины, из чугуна или коррозионостойкой стали, со сменными вставками, с кислотопоглощающими вставками. На рис. 1.82 показано устройство фильтров, внешний вид и обозначение.

Предохранительные клапаны (см. рис. 1.83) предотвращают повреждение емкостного оборудования при повышении в нем давления, например, при пожаре. Существуют также перепускные клапаны, отводящие холодильный агент не в атмосферу, а со стороны нагнетания на сторону всасывания.

Предохранительные клапаны изготавливают из стали (для аммиака) и из латуни и стали — для фреонов. Клапаны могут иметь фланцевое присоединение, ввинчиваться или привариваться к аппарату или трубе. Иногда, из-за ненадежности, для ресиверов применяют в качестве предохранительного клапана расплавляющуюся заглушку.

Реле времени предназначены для включения или выключения какого-либо устройства через заданный промежуток времени, они могут работать







*а* *б*

**Рис. 1.85.** Магнитные пускатели: *а* — внешний вид; *б* — обозначение

и по заданной программе. В холодильной технике они используются для задания задержки на включение реле давления и реле перепада давления, пуска насосов, оттаивания теплообменной поверхности в небольших установках. Существуют различные конструкции реле времени, причем механические постепенно вытесняются цифровыми. Реле крепятся на *DIN*-рейку в щите или устанавливаются отдельно. На рис. 1.84 показан внешний вид реле времени и обозначение на функциональной схеме автоматизации: *K* — время, временная программа, *S* — включение, отключение.

Магнитные пускатели предназначены для дистанционного пуска непосредственным подключением к сети, остановки и реверсирования трехфазных асинхронных двигателей. Устанавливаются, как правило, в щите на *DIN*-рейке. На рис. 1.85 показан внешний вид магнитного пускателя и условное обозначение на функциональной схеме автоматизации: *N* — резервная буква, в данном случае означает пусковую аппаратуру, *S* — включение, отключение.

Кнопка включает и выключает подачу электроэнергии на потребителя. Существует множество модификаций кнопок, в том числе, с подсветкой. На рис. 1.86 показано условное обозначение кнопки, с помощью которой можно включать и выключать агрегат. Существуют специальные кнопки «грибок» для аварийного отключения агрегата. Лампочки применяются для световой индикации режима работы агрегата или аппарата. Зеленый информирует о работе или включении агрегата, желтый — о предупреждении или задержке по времени, красный — аварийный сигнал. На рис. 1.87 показаны лампочки на щите управления и обозначение на схемах. Рядом с лампочками, как правило, располагают поясняющие надписи, информирующие о том, к какому прибору относится сигнал лампочки.

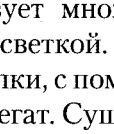
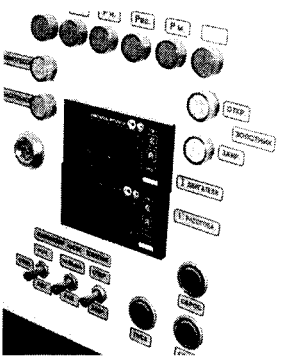



**Рис. 1.86.** Кнопка, обозначение





*а* *б*

**Рис. 1.87.** Лампочки: *а* — на щите агрегата; *б* — обозначение

## 1.2.6. Датчики влажности

Принцип работы емкостного датчика влажности основан на гигроскопических свойствах полимеров, которые используются в качестве диэлектрика в конденсаторе. Полимер быстро приходит в равновесие с влажной окружающей средой и меняет свою емкость, которая в свою очередь зависит от уровня влажности. Существуют различные модификации конструкции закрепления, такие как в канале для систем кондиционирования, на стене для систем осушения воздуха и другие. Ряд датчиков влажности совмещается с датчиками температуры, что нашло широкое применение в быту для так называемых метеостанций. В зависимости от агрессивности среды, где используется датчик, корпус может выполняться из различных материалов. Сигналы таких датчиков, как правило, используют специализированные контроллеры для последующей обработки воздуха в системах кондиционирования. На рис. 1.88*а* показан один из вариантов исполнения, на рис. 1.88*б* обозначение на схемах, М — влажность.

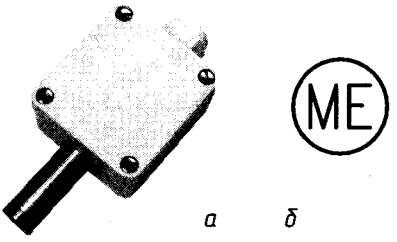



**Рис. 1.88.** Датчик влажности:
*а* — внешний вид; *б* — обозначение

## 1.2.7. Контроллеры

Для автоматизации холодильной техники и систем кондиционирования используется множество контроллеров различного уровня сложности. Контроллер — это устройство, способное по заданному алгоритму управлять технологическим процессом; применяется в различных отраслях промышленности.

Очень условно контроллеры можно разделить на промышленные и коммерческие. Коммерческие контроллеры могут управлять холодильной установкой витрины или небольшой холодильной камеры, но практически не применяются для промышленного регулирования. Максимум, чем может управлять контроллер или система контроллеров коммерческой серии — холодильные установки супермаркета или небольших холодильных камер. Их можно применять при управлении небольшой промышленной холодильной установкой (такие контроллеры представлены на рис. 1.89), — но со значительными функциональными ограничениями.

Функции коммерческих контроллеров (как и промышленных), могут быть расширены путем подключения расширительных блоков, — но все же

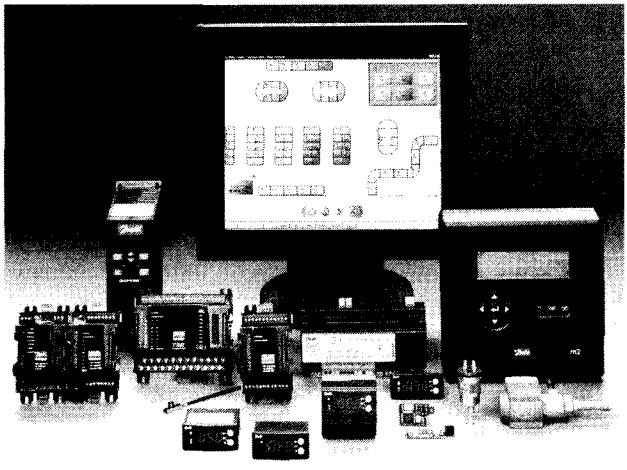


**Рис. 1.89.** Контроллеры и компоненты производства *Danfoss*

пределом для них остается управление несколькими десятками компрессоров, конденсаторов и воздухоохладителей (в супермаркете или на небольшом холодильном складе). Однако в своей рыночной нише коммерческие контроллеры не имеют аналогов по стоимости, относительной надежности и простоте использования.

На рис. 1.90 схематично показан принцип действия контроллеров. Как видно, контроллеры, управляющие отдельными приборами и процессами, в свою очередь управляются главным контроллером, который имеет связь с компьютером, предоставляющим информацию оператору.

Как правило, в коммерческий контроллер заложена жесткая программа; меню его минимально, и управление осуществляется всего несколькими кнопками на лицевой панели прибора. Функции коммерческого контроллера:

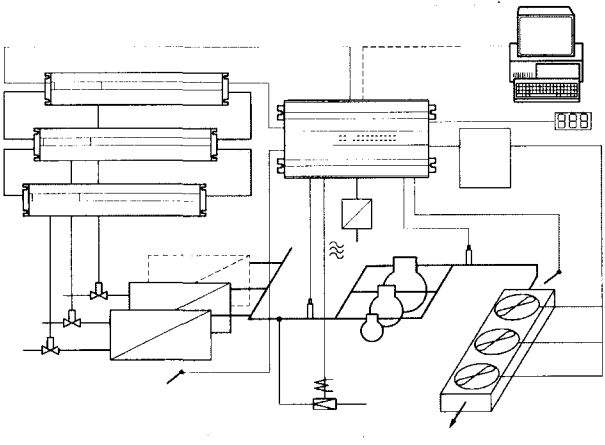


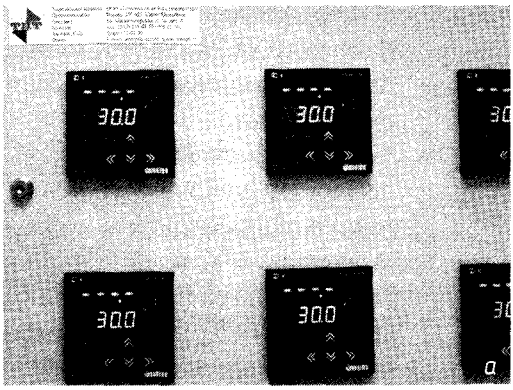
**Рис. 1.90.** Фрагмент схемы фирмы *Danfoss*, иллюстрирующий систему контроллеров, управляющих холодильной установкой

— поддержание температуры в холодильной камере посредством включения/выключения компрессора или компрессоров (осуществляется по сигналам датчика температуры/давления в холодильной камере);

— оттаивание теплообменной поверхности воздухоохладителя (по встроенному таймеру);

— отображение температуры в холодильной камере и ребре воздухоохладителя;

— управление соленоидными клапанами.



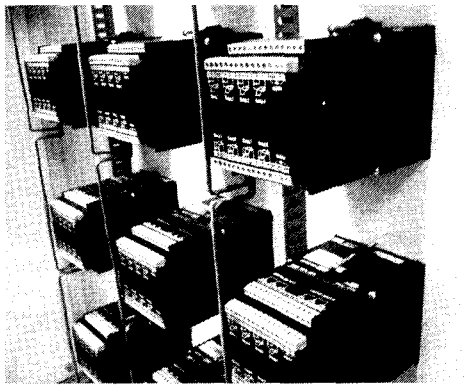


**Рис. 1.91.** Способ установки приборов на лицевой стороне щита: *а* — вид снаружи; *б* — вид изнутри

Более сложные модели контроллеров могут формировать журнал работы и хранить его несколько дней или месяцев, управлять работой вентиляторов конденсатора, насосов, электронных ТРВ и моторных вентилей.

Контроллеры могут размещаться на лицевой панели щита (рис. 1.91*а, б*) или на так называемой *DIN*-рейке внутри (рис. 1.92). Как правило, контроллеры оборудованы жидкокристаллическим монохромным или цветным дисплеем, на котором отображается информация о работе холодильной установки.

Самые простые контроллеры имеют только один уровень пользования, поэтому перестроить режим работы или просмотреть параметры можно без введения сервисных кодов. Более сложные контроллеры имеют несколько защищенных сервисными кодами пользовательских уровней с различными полномочиями. Например, машинист холодильной установки знает код, позволяющий просматривать параметры работы; старший машинист — код для изменения нескольких параметров; начальник компрессорного цеха может вносить в режим работы серьезные изменения, но только у представителя фирмы-производителя есть код высшего доступа, который позволяет полностью управлять холодильной установкой.

Такой подход защищает интересы как заказчика, так и производителей оборудования.

Контроллеры в России и странах СНГ запитываются от однофазной сети 220 В, но выпускаются модели и для стран с другими параметрами сети.

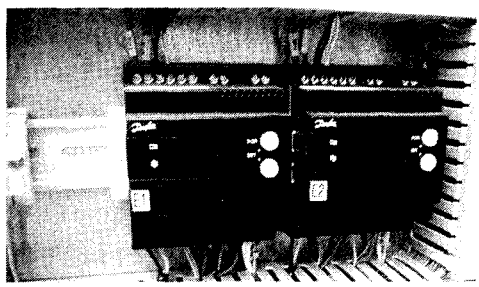


**Рис. 1.92.** Способ установки контроллера на *DIN*-рейке

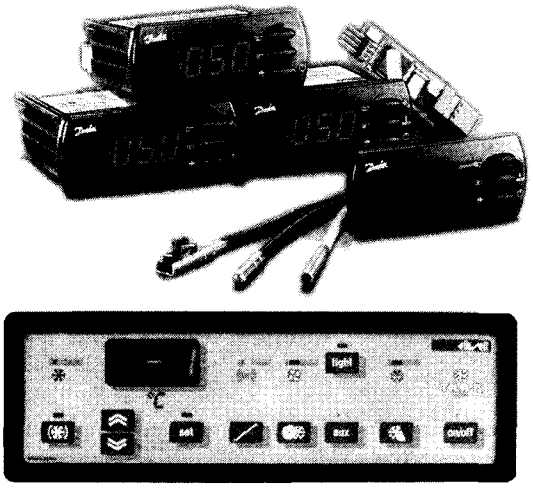


**Рис. 1.93.** Контроллеры: *а* — для торгового оборудования; *б* — для оборудования коммерческих серий

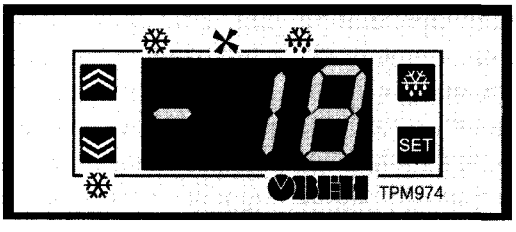



**Рис. 1.94.** Внешний вид контроллера ТРМ974 «Овен»

Контроллеры, работающие от напряжения 24, 12 В и менее, поставляются вместе с трансформаторами.

Отечественная промышленность, как и зарубежная, производит множество коммерческих контроллеров для холодильной техники (рис. 1.93 *а* и *б*). Одним из наиболее известных отечественных производителей является фирма «ОВЕН», выпускающая широкий ассортимент контроллеров для небольших холодильных установок.

На рис. 1.94 показан один из выпускаемых фирмой контроллеров — блок управления средне- и низкотемпературными холодильными машинами с автоматическим оттаиванием ТРМ974-Щ.

Это самая простая модель контроллеров для холодильной техники, производимая в России, — она широко применяется в торговом оборудовании. Панель управления полностью выведена на лицевую панель контроллера; каждая кнопка имеет пиктограмму, наглядно показывающую ее функциональное назначение.

ТРМ974-Щ имеет внутреннее меню, с помощью которого можно изменять параметры процессов или просматривать установки.

Функции блока управления ТРМ974-Щ:

— поддержание заданной температуры в холодильной камере;

— термостатирование (замораживание) продукции;

— управление оттаиванием (ТЭНом или соленоидом подачи горячих паров). Оттаивание заканчивается через заданный промежуток времени и/или по достижении ребром воздухоохладителя требуемой температуры;

— защита компрессора и настроек паролем от несанкционированного доступа.

Прибор запитывается от сети с напряжением 220В через встроенный трансформатор; крепится в щите. Погрешность измерения температуры — 1°С, диапазон регулирования от — 50 °С до +50 °С.

**Таблица 5.** Элементы индикации и управления контроллером

| | |
|---|---|
|  | 3-х разрядный цифровой индикатор в режиме ТЕРМОСТАТ используется для вывода измеренного значения температуры и диагностических сообщений. В режиме ПРОГРАММИРОВАННИЕ 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 |
|  | В режиме ТЕРМОСТАТ: кратковременное нажатие кнопки — редактирование значения SP, длительное нажатие (> 5 с) — вход в режим ПРОГРАММИРОВАНИЕ, в котором используется для вывода значения выбранного параметра или для записи измененного значения в память |

Задавая параметр контрольной точки *SP* (температуру в камере) и дифференциал *diF*, мы определяем температурный режим в камере. Когда температура в камере превышает сумму заданной температуры и дифференциала (*SP* + *diF*), то с задержкой включается компрессор и работает до тех пор, пока температура в камере не достигнет нужной величины; затем компрессор отключается по сигналу температурного датчика холодильной камеры.

Задержка, задаваемая параметром *CdP* (0–30 мин) необходима для защиты электродвигателя компрессора от повторного запуска, так как при слишком ча-

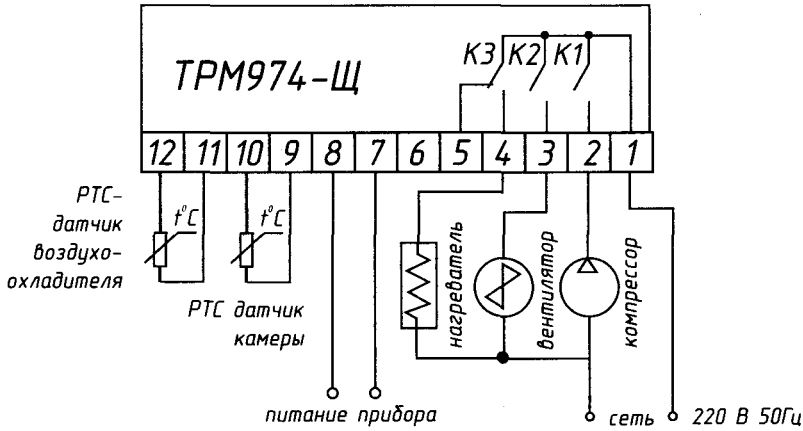



**Рис. 1.95.** Схема подключения ТРМ974-Щ

стых включениях-выключениях обмотки перегорают. На случай выхода из строя термодатчика предусмотрена автономная работа компрессора без датчика по параметру *COn* (задаваемое время 0–120 мин) и автономная стоянка по параметру *COF* (0–120 мин), при этом на дисплей выводится сообщение об аварии *Er* 1.

Вентиляторы могут включаться и выключаться вместе с компрессором по параметру *FnC* = 0, могут (по *FnC* = 1) работать непрерывно; при выходе из строя термодатчика в ребре воздухоохладителя на дисплей выводится сообщение об аварии *Er* 1.

Оттаивание задается параметром *tdF* = 0 (если оно производится ТЭНом); если же устанавливается *tdF* = 1, то это сигнал на открытие соленоидного клапана подачи горячих паров.

Окончание оттаивания задается параметром *EdF* = 0 (если оттаивание производится по времени), и *EdF* = 1 (по температуре ребра воздухоохладителя). Установка параметра *EdF* = 2 позволяет проводить оттаивание одновременно по времени и температуре ребра; в этом случает оно заканчивается в зависимости от того, что произойдет быстрее: истечет заданное время или ребро воздухоохладителя достигнет нужной температуры.

Параметр *dCt* определяет время между оттаиваниями. Режим замораживания теплого продукта в камере задается параметрами *CCt* (время замораживания) и *dAF* (время до первого оттаивания по истечении времени замораживания).

В различных контроллерах обозначения могут сильно отличаться от приведенных в данном описании. Каждый производитель использует символы, которые, как ему кажется, будут наиболее понятны потребителю. На рис. 1.95 показаны механизмы и приборы, которые могут управляться контроллером.

Функции *промышленных контроллеров* практически не ограничены. Как правило, эти приборы являются составной частью системы из более слож-

ных контроллеров, которые управляют группой механизмов и приборов или координируют работу всех систем предприятия: систем управления технологическими процессами, приемом и отпуском товара, учета рабочего времени, пожаротушения, сигнализации и т.д.

Промышленными контроллерами в обязательном порядке оборудуют крупные компрессорные агрегаты.

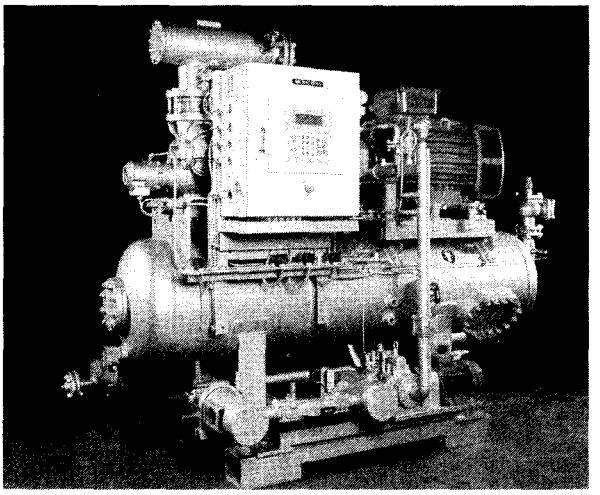


**Рис. 1.96.** Щит управления с контроллером компрессорного агрегата

Контроллер, показанный на рис. 1.96, может отображать следующие параметры работы компрессорного агрегата: температуру кипения, температуру конденсации (в нагнетательном трубопроводе), давление кипения и конденсации, температуру и давление масла, работу вспомогательных механизмов, положение разгрузочного поршня, состояние электросети и др.

Прибор имеет многоуровневый набор сервисных кодов, в памяти контроллера хранится журнал работы за несколько месяцев. Информацию можно вывести на печать и скопировать на персональный компьютер, в том числе наладонный, имеется встроенный или выносной модем для управления компрессорным агрегатом на расстоянии.

Внутри щит управления компрессорным агрегатом представляет собой достаточно сложное устройство (см. рис. 1.97). В щитах даже предусматривается вентилятор для обдува платы. Такими же щитами, в которых установлены мощные контроллеры, оснащается практически все многофункциональное технологическое оборудование или агрегаты.

Наиболее мощные промышленные контроллеры являются свободнопрограммируемыми, так как самая сложная и многофункциональная программа, заложенная производителем в контроллер, не может удовлетворить всем требованиям заказчика; причина тому — множество специфичных процессов холодильной техники и пищевого производства в целом.

Чтобы не разрабатывать для каждого процесса специальный контроллер, был разработан свободнопрограммируемый контроллер, в который можно загружать созданную специально для данного процесса программу. Такой подход достаточно удобен, но требует участия весьма квалифициро-

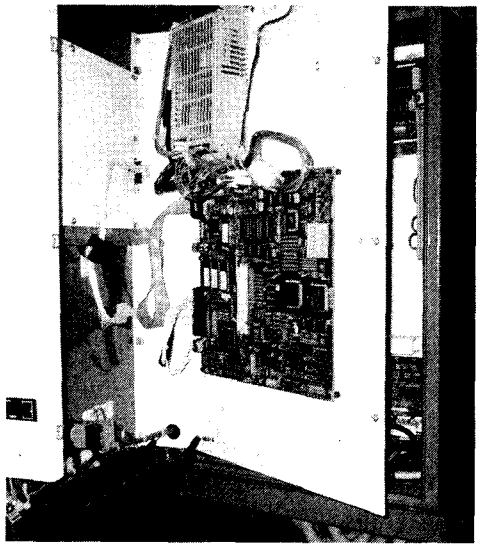
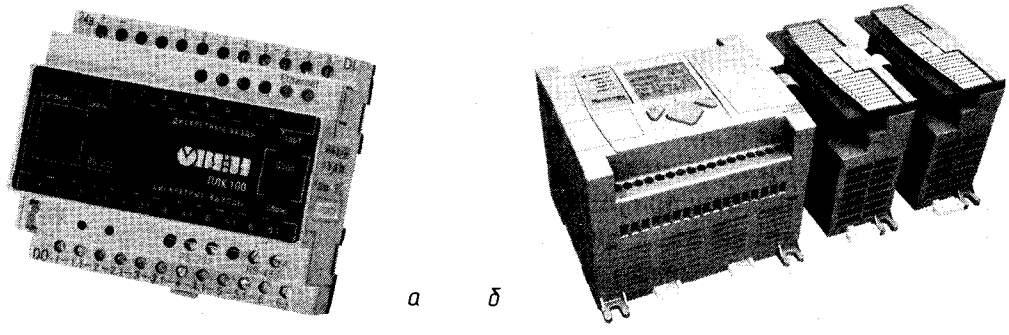


**Рис. 1.97.** Внутреннее устройство щита управления компрессорного агрегата

ванного специалиста, разбирающегося не только в программировании контроллера данного типа, но и в технологическом процессе. Наиболее распространенными среди промышленных контроллеров являются *SIMATIC (Siemens)* и *MicroLogic (Allen Bradley)* (рис. 1.96 *а*). В России производится логический программируемый контроллер ПЛК «ОВЕН», показанный на рис. 1.98 *б*. В данном контроллере применяется модульная схема: прибор состоит из центрального процессора, лицевой панели, сигнальных модулей, коммуникационных процессоров, функциональных модулей, интерфейсных модулей и блоков питания.

Процессоры выполняют логические и арифметические операции, операции загрузки, перемещения и сохранения данных. Сигнальные модули осуществляют функции ввода-вывода различных дискретных и аналоговых сигналов. Коммуникационные процессоры — это интеллектуальные модули ввода-вывода, оснащенные встроенным микропроцессором и способные выполнять задачи автоматического регулирования, позиционирования, скоростного счета, управления перемещением и т.д. Эти модули выполняют автономную обработку коммуникационных задач для промышленных сетей.

Целый ряд функциональных модулей способен продолжать выполнение возложенных на них задач даже в случае остановки центрального процессора.




*а* *б*

**Рис. 1.98.** Свободнопрограммируемые контроллеры: *а* — контроллер программируемый логический ПЛК 100; *б* — *MicroLogic* 1100

Интерфейсные модули при разветвленной системе позволяют связывать модули между собой. Блок питания встроен в процессор. То есть часто применяемый термин «промышленный контроллер», подразумевает под собой примерно такой же набор устройств, как персональный компьютер, причём один контроллер (мастер-контроллер) может управлять целой сетью подчиненных ему контроллеров (ведомых), иметь выход на модем или встроенный модем, оборудоваться выносным дисплеем и клавиатурой, промежуточными коммуникационными модулями. На рис. 1.99*а* показан внешний вид дисплея промышленного контроллера и на рис. 1.99*б* вид из щита.

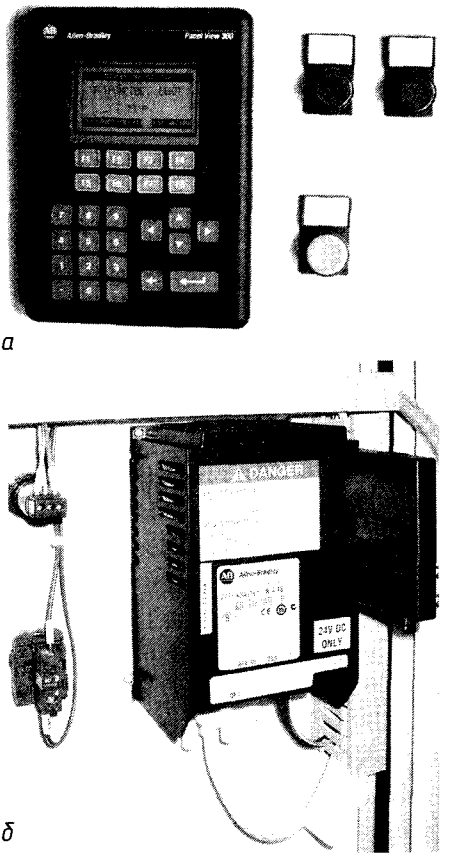



**Рис. 1.99.** Дисплей промышленного контроллера: *а* — лицевая сторона щита; *б* — внутри щита

Контроллер управляет всеми процессами, происходящими в холодильной установке, ведет журнал работы, управляет второстепенными контроллерами, установленными на агрегатах. Большим достоинством свободнопрограммируемых контроллеров является русификация. Большинство производителей тем не менее стараются продавать в Россию контроллеры с меню на английском, немецком и даже китайском языках, однако у производителя можно и нужно заказать русификацию меню.

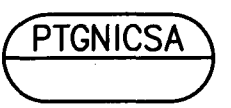



**Рис. 1.100.** Обозначение контроллера

На рис. 1.100 показано обозначение контроллера на функциональной схеме автоматизации. Как правило, на современной схеме автоматизации практически все входящие и выходящие сигналы заводятся на контроллер или связаны с ним через модули и блоки. Расшифровка обозначений: $P$ — давление, $T$ — температура, $G$ — положение золотника производительности, $N$ — в данном случае состояние электросети, $I$ — отображение параметров, $C$ — автоматическое регулирование, $S$ — включение, выключение, $A$ — сигнализация.

# Глава 2. Основные параметры холодильных установок и способы их регулирования

Любая система, зависящая
от человеческой надежности,
ненадежна.
*Законы ненадежности Джилба*

Для эффективной работы холодильной машины или аппарата необходимо поддерживать значение одного или нескольких рабочих параметров (физических величин) в определенных пределах и изменять по определенному закону. Тот или иной агрегат, аппарат или холодильная камера, где протекает процесс, которым необходимо управлять, называется *управляемым объектом* или просто объектом.

Различают следующие виды автоматизации производственных процессов:

*Автоматический контроль.* Приборы автоматизации осуществляют дистанционное наблюдение за температурой, давлением и толщиной льда; при необходимости фиксируют значение этих параметров и записывают в память.

*Автоматическая сигнализация.* Оповещает световыми или звуковыми сигналами о достижении заданных или предельных значений температуры, давления, уровня и отклонениях от них, о включении или выключении прибора или агрегата.

Сигнализация разделяется на *исполнительную, предупредительную* и *аварийную.* Исполнительная сигнализация (лампы зеленого цвета) показывает включение или отключение агрегата, по достижении заданных параметров. Предупредительная сигнализация (лампы желтого цвета) извещает о задержке включения оборудования или достижении предаварийного уровня. Аварийная сигнализация (лампы красного цвета) оповещает о срабатывании защитных реле давления и уровня, реле перепада давления, приборов защиты по электроснабжению.

Все эти функции может выполнять процессор, каждая модель имеет свои сигналы, в том числе звуковые.

*Автоматическая защита:* приборы не допускают работы оборудования в опасных режимах. Защита осуществляется с помощью контроля следующих параметров: падение давления всасывания, превышение давления нагнетания, температура нагнетания, перекос и выпадение фаз, перепад давления масла в системе смазки, перепад давления и протока на теплообменных аппаратах, где возможно замерзание жидкости и др.

*Автоматическое управление* позволяет осуществлять остановку и пуск агрегатов, переключение агрегатов с основного на резервный (по наработке часов), снижать частоту вращения электродвигателей, проводить вспомогательные операции, — такие как оттаивание, выпуск масла и воздуха и др.

*Автоматическое регулирование*: наиболее существенный вид автоматизации, который позволяет поддерживать температуру в холодильной камере, температуру охлаждаемой жидкости или продукции и давление всасывания, или измененять эти параметры по заданной программе.

Автоматизация может быть частичной, комплексной и полной. При частичной автоматизируются лишь некоторые основные процессы, не связанные между собой. Здесь могут применяться только автоматический контроль и сигнализация. При получении сигнала о достижении параметром заданной величины или отклонении течения какого-либо процесса от заданного режима, необходимо ручное управление. Например, при достижении необходимой температуры в холодильной камере персонал должен отключить компрессорные и насосные агрегаты, вентиляторы. Таким образом при частичной автоматизации требуется постоянное присутствие персонала (сменная работа): для обслуживания необходимой запорной и регулирующей арматуры, запуска и остановки агрегатов, наблюдения. Эффективность работы частично автоматизированной холодильной установки выше, чем неавтоматизированной.

Комплексная автоматизация касается прежде всего всех основных процессов. Автоматически (по достижении заданных параметров) отключаются компрессорные и насосные агрегаты, вентиляторы, задействуются устройства изменения холодопроизводительности. Вспомогательные процессы при этом не автоматизированы и управляются вручную. При комплексной автоматизации постоянного присутствия персонала не требуется, обслуживание может выполняться в одну смену, штат персонала минимален. Эффективность работы комплексно автоматизированной установки очень высокая.

Полная автоматизация характеризуется тем, что она охватывает как основные, так и вспомогательные процессы холодильной установки. Как правило, каждым агрегатом и аппаратом управляет собственный контроллер, работу которого, в свою очередь, регулирует основной контроллер. При полной автоматизации часто применяются системы, позволяющие контролировать работу и управлять холодильными установками удаленно. Постоянного присутствия персонала полностью автоматизированная установка не требует, однако по требованиям нормативной документации на холодильных установках, использующих взрывопожароопасные холодильные агенты, персонал необходим. Полностью автоматизированная установка наиболее эффективна в работе.

На производстве частичная автоматизация, как правило, не применяется. Выбор же между комплексной и полной автоматизацией производится по результатам экономического обоснования, так как при полной автоматизации стоимость приборов сравнима со стоимостью самого оборудования. Наиболее распространена комплексная автоматизация.

Схема холодильной установки и само оборудование должны быть подготовлены к автоматизации. При отсутствии у соответствующих агрегатов мест для присоединения отборных устройств и датчиков холодильную установку автоматизировать сложно. Следует обратить внимание на совместимость:

— резьбы на приборе и гнезде для его присоединения на автоматизируемом агрегате;

— языков и протоколов контроллера;

— управляющего сигнала исполнительного механизма и контроллера.

## 2.1. Основные параметры регулирования работы холодильных установок

Под давлением все ухудшается.
*Закон термодинамики Мерфи*

Чтобы не усложнять процесс, следует автоматизировать регулирование только качественных характеристик — параметров, определяющих состояние объекта. Равновесное состояние, — то есть постоянная температура охлаждаемого продукта — достигается, когда количество подаваемого холода (отводимого тепла), равняется количеству теплопритока к продукту. Холодильная установка всегда работает в нестационарном режиме — из-за постоянно изменяющихся внешних условий: открывания двери в холодильную камеру, перемещения персонала и погрузочной техники, изменения температуры и солнечной радиации снаружи, вноса или выноса охлаждаемого продукта, утечек холодильного агента, инея на испарителе или загрязнений на конденсаторе.

Пример такой холодильной камеры можно видеть на рис. 2.1: теплоприток $Q_т$ поступает в холодильную камеру *5* с температурой в ней $t_{пм}$, испаритель *1* отводит от продукта теплоту $Q_{о\ исп}$, в конденсаторе *3* внешняя охлаждающая среда с температурой воздуха $t_н$ (воды) отводит тепло $Q_к$, дросселирование осуществляет регулирующий вентиль *4*. Компрессор II имеет холодильную мощность $Q_{о\ км}$ и потребляемую электрическую мощность $N$. Так как на холодильную установку воздействует масса внешних факторов, ей приходится подстраиваться под них и возвращаться в состояние равновесия, но уже при

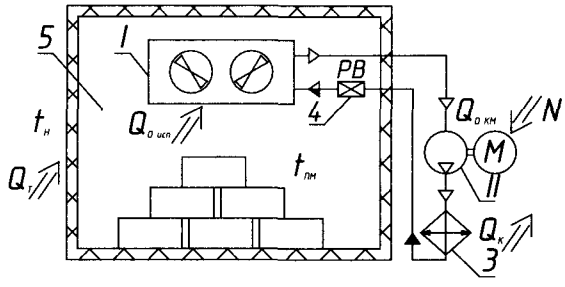



**Рис. 2.1.** Простейшая схема холодильной установки

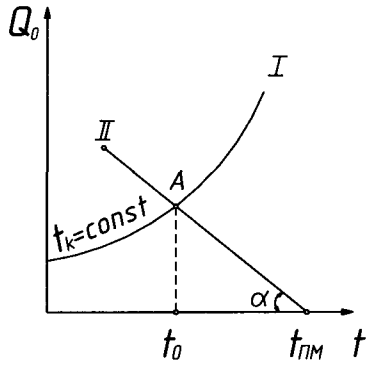



**Рис. 2.2.** Установление температуры кипения при постоянной температуре конденсации

другой температуре. Этот процесс называется самовыравниванием и значительно облегчает автоматизацию холодильных установок.

Действительно, если рассматривать систему состоящую из компрессора *II* и испарителя *I*, то ясно, что при постоянной температуре конденсации $t_к$, баланс системы зависит только от температуры кипения $t_0$. График такой зависимости выражен на рис. 2.2: точка *A* (пересечение характеристики компрессора и испарителя), называется рабочей точкой, так как ее координаты определяет режим работы холодильной машины в установившемся режиме. Угол может уменьшаться из-за отключения вентиляторов или выпадения инея на теплообменной поверхности, что ведет к уменьшению холодопроизводительности машины и понижению температуры кипения, при которых восстанавливается равновесие (рис. 2.3). Если количество тепла, отводимого испарителем уменьшается, то уменьшается и количество пара, образующегося в нем. Однако компрессор постоянно сжимает один и тот же объем пара и, чтобы уменьшившаяся масса пара заполнила весь объем компрессора, понижается давление и, следовательно, температура кипения.

Соответственно, температура конденсации тоже выравнивается самостоятельно, в зависимости от температуры теплоотводящей среды (температуры наружного воздуха при воздушном конденсаторе) и степени загрязненности конденсатора. При постоянной температуре кипения $t_0$ и определенной температуре окружающей среды $t_{о.с.}$ тепловая нагрузка на конденсатор зависит только от температуры конденсации $t_к$. Линия III — статическая характеристика компрессора при постоянной температуре кипения, который определяет тепловой поток конденсатора, закачивая в него сжимаемый пар, IV — характеристика конденсатора (рис. 2.4). При уменьшении угла наклона уменьшается мощность конденсатора и увеличивается температура конден-

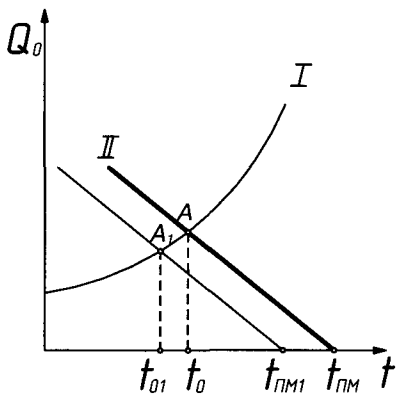



**Рис. 2.3.** Установление температуры кипения при уменьшении теплопритока

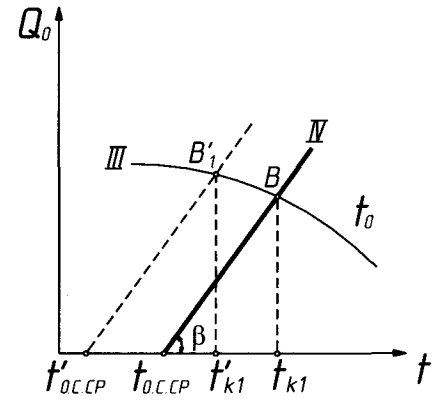



**Рис. 2.4.** Установление температуры конденсации при различной наружной температуре

сации. Если температура окружающей среды $t_{о.с.}$ изменяется (на рис. 2.4. — уменьшается), становясь $t'_{о.с.}$, то рабочая точка конденсатора $B$ изменяется на $B'$. При этом растет мощность конденсатора и снижается температура конденсации.

Как видно, системы «компрессор — испаритель» и «компрессор — конденсатор» являются самовыравнивающимися. Это очень удобно для регулирования работы холодильной установки. Если регулировать количество холодильного агента, поступающего из испарителя в компрессор и из компрессора в конденсатор, то можно поддерживать весь цикл в нужном температурном диапазоне. Для этого применяют регулирующий вентиль (ТРВ). У ТРВ есть проходное сечение $f$, через которое в испаритель проходит холодильный агент; сечение может изменяться за счет опускания и подъема клапана. На рис. 2.5 показано изменение пропускной способности ТРВ при увеличении проходного сечения $f$, то есть статическая характеристика регулирующего вентиля V. Эту же характеристику можно увидеть в координатах «холодопроизводительность — температура» (рис. 2.6). Она показывает как при постоянной температуре кипения $t_0$ при увеличении проходного сечения регулирующего вентиля увеличивается холодопроизводительность. Регулирующий вентиль отвечает также за перегрев пара после испарителя, что предохраняет от образования влажного пара или капель жидкости при всасывании холодильного агента в компрессор. Обычно перегрев составляет 5–15 К.

Совместив характеристики компрессора I, испарителя II и регулирующего вентиля V, можно получить обобщенную диаграмму их совместной работы (рис. 2.7). Как видно из графика, только определенное проходное сечение ре-

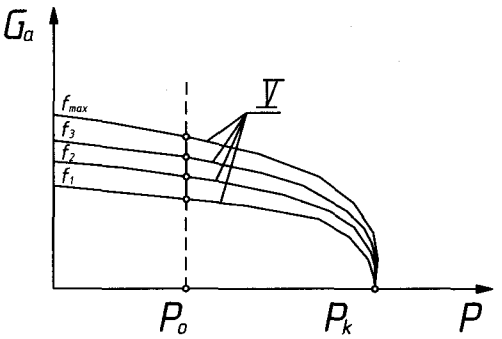



**Рис. 2.5.** Статическая характеристика регулирующего вентиля

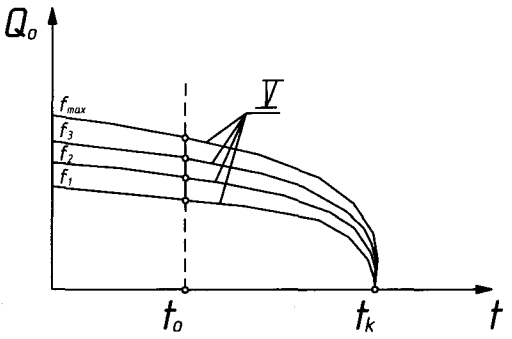



**Рис. 2.6.** Статическая характеристика регулирующего вентиля в координатах «холодопроизводительность — температура»

гулирующего вентиля позволяет поддерживать определенную температуру кипения и холодопроизводительность. Если уменьшить сечение ($f_2$ или $f_1$), температура кипения и холодопроизводительность понижаются, наклон графика характеристики испарителя уменьшается, в компрессор поступает перегретый пар. При увеличении проходного сечения $f_{max}$ растет производительность, повышается температура кипения и в компрессор поступает влажный пар. На рис. 2.8 показано, как при повышении температуры конденсации (из-за повышения температуры окружающей среды или поломки вентилятора), регулирующий вентиль прикрывается, что ведет к повышению температуры кипения.

Все эти факты доказывают, что для работы холодильной установки нужно регулировать температуру охлаждаемого объекта (температуру в холо-

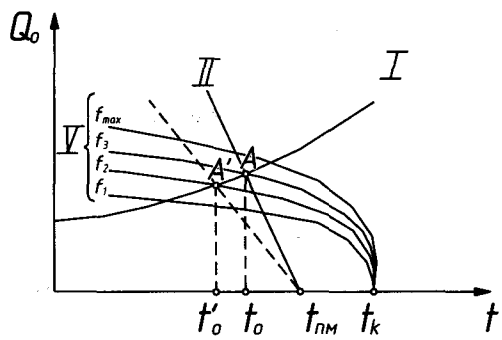



**Рис. 2.7.** Открытие регулирующего вентиля при уменьшении теплопритока к охлаждаемому объекту

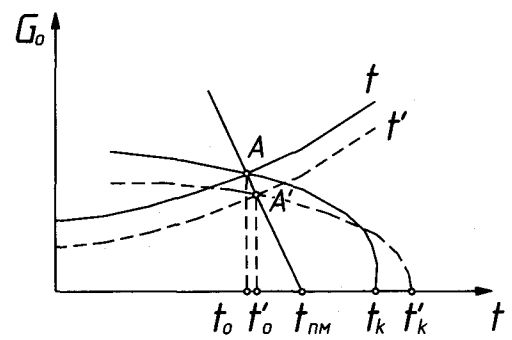



**Рис. 2.8.** Открытие регулирующего вентиля при повышении температуры конденсации

дильной камере или температуру охлаждаемой жидкости) и перегрев пара, всасываемого в компрессор. Это достигается за счет изменения количества холодильного агента, подаваемого через регулирующий вентиль в испаритель, а, соответственно, в компрессор и конденсатор. Таким образом, регуляция работы холодильной установки возможна лишь путем изменения количества холодильного агента, подаваемого в тот или иной аппарат.

## 2.2. Регулирование перегрева пара, выходящего из испарителя

Для поддержания постоянного перегрева пара после испарителя в холодильной технике применяется терморегулирующий вентиль (ТРВ). Это историческое название не совсем верно, хотя английский термин *expansion valve* (расширительный клапан) еще менее точен. Правильнее было бы назвать этот механизм регулятором перегрева пара и заполнения испарителя.

Наиболее распространенными являются механические ТРВ, на рис. 2.9 показано схематичное устройство такого вентиля (см. также рис. 1.43). Конструкции вентиля могут быть самыми разнообразными, но принцип работы механического ТРВ не зависит от того, где у него располагается винт настройки, угловой он или прямоточный, со сменными дюзами или фиксированной производительностью.

Между фланцами корпуса *3* и крышки *1* расположена гибкая мембрана *2*, с которой штоком *4* связан клапан *5*, перекрывающий проходное сечение вентиля. Жидкий холодильный агент поступает из конденсатора или ресивера, проходит через отверстие вентиля, дросселируется и попадает в виде

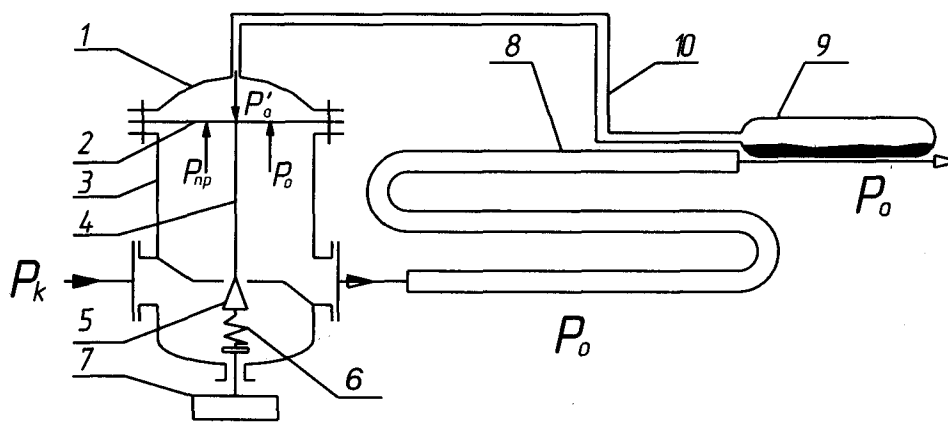



**Рис. 2.9.** Мембранный ТРВ с внутренним выравниванием

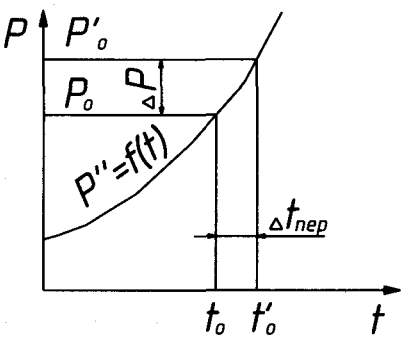



**Рис. 2.10.** Связь между уставкой ТРВ и перегревом всасываемого пара

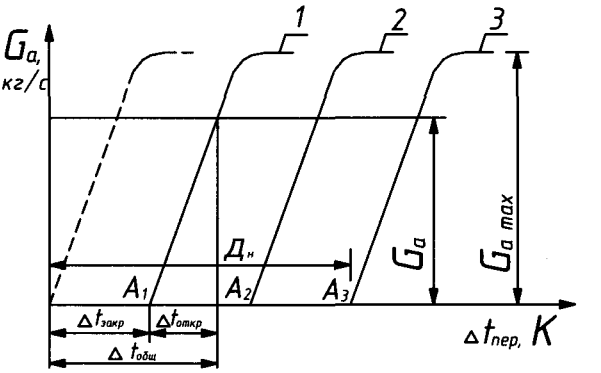



**Рис. 2.11.** Статическая характеристика ТРВ

парожидкостной смеси в испаритель *8*. После испарителя к трубе прижимается термочувствительный баллон *9*, соединенный капиллярной трубкой *10* с полостью над мембраной. Термобаллон заполнен насыщенным паром того же холодильного агента.

Таким образом, мембрана находится под действием одного усилия сверху и двух — снизу. Сверху действует давление насыщенных паров холодильного агента $P_0$, нагретых или охлажденных контактом термобаллона с трубой. Усилие снизу $P_{пр}$ создает пружина *6* и давление кипения $P_0$, так как внутренняя полость ТРВ связана с испарителем. Мембрана находится в равновесии при $P_0 = P_0 + P_{пр}$. Если испаритель заполнен избыточно, давление сверху на мембрану снижается, клапан *5* закрывается, прижимаясь к седлу *6*. Как только перегрев пара увеличивается, давление сверху мембраны растет, преодолевает сумму давления кипения и пружины, надавливает на шток, клапан отходит от седла и пропускает дополнительное количество холодильного агента (рис. 2.10).

Статическая характеристика ТРВ зависит от расхода холодильного агента $G_а$ через вентиль от величины перегрева $\Delta t_{пер}$ пара, выходящего из испарителя. Так как механизмы далеко не совершенны, то из-за трения, сопротивления пружины и т. д, вентиль открывается не сразу; эту задержку называют *закрытым перегревом*. Перегрев пара, необхо-

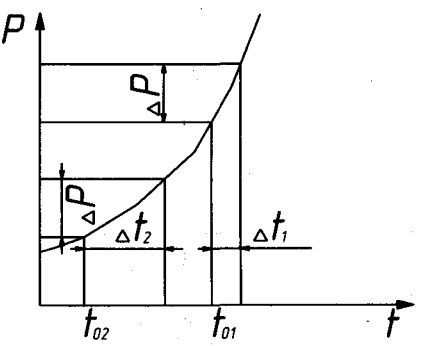



**Рис. 2.12.** Изменение перегрева пара при различных температурах кипения при неизменной уставке ТРВ

димый для открытия клапана, соответствующего необходимому расходу, называют *открытым перегревом* $\Delta t_{откр}$. Сумма этих величин составляет *полный* или *общий перегрев* $\Delta t_{общ}$. Винт уставки *7* позволяет менять усилие пружины, что позволяет поддерживать разную величину перегрева. Рис. 2.11 показывает статическую характеристику ТРВ: линии *1, 2, 3* соответствуют различным уставкам или различному сжатию пружины (*3* — максимальному). Крайняя левая линия представляет собой график теоретической характеристики ТРВ, без влияния трения и влияния пружины. Изменение уставки меняет, в основном, закрытый перегрев, открытый перегрев изменяется лишь незначительно — из-за возрастания усилия пружины. Разность между величинами перегрева в начале открытия при полностью сжатой пружине и полностью ослабленной пружине называется диапазоном настройки $Д_н$.

Терморегулирующий вентиль рассмотренного типа является статическим (пропорциональным) регулятором прямого действия. Его основной недостаток в том, что он, реагируя непосредственно на изменение перегрева пара после испарителя, саму величину перегрева определяет не как разность температур, а как разность давления насыщенного пара, при этом давление и температура насыщенного пара связаны не линейно, а логарифмически. По этой причине ТРВ удерживает при постоянной уставке разный перегрев пара при разных температурах кипения. На рис. 2.12 показано, что ТРВ при уставке $\Delta P$ поддерживает перегрев пара на выходе из испарителя $\Delta t_1$ в области высоких температур кипения. Если уставка не изменяется, а холодильная машина переходит на работу в области более низких температур кипения, то ТРВ поддерживает перегрев пара $\Delta t_2$ более высокий, чем в первом случае. Чтобы удерживать тот же перегрев, необходимо уменьшать уставку. Это усугубляется уменьшением величины давления в области низких температур, что, в свою очередь, снижает чувствительность ТРВ.

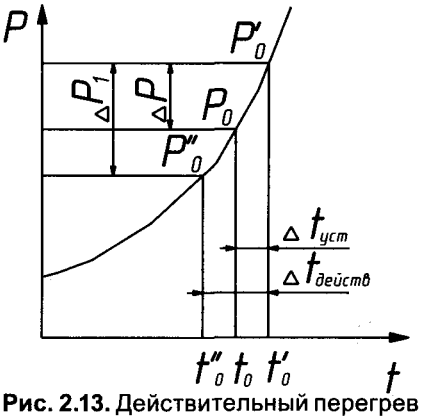



**Рис. 2.13.** Действительный перегрев пара после испарителя с большим гидравлическим сопротивлением

Если испаритель обладает высоким гидравлическим сопротивлением, то давление на выходе из испарителя $P'_0$ оказывается значительно ниже давления кипения $P_0$ в начальном участке испарителя и, следовательно, давления под диафрагмой (рис. 2.13). Чтобы избежать чрезмерного увеличения перегрева и ухудшения теплообмена, применяют ТРВ с внешним выравниванием (рис. 2.14). Он имеет дополнительную перегородку *11*, отделяю-

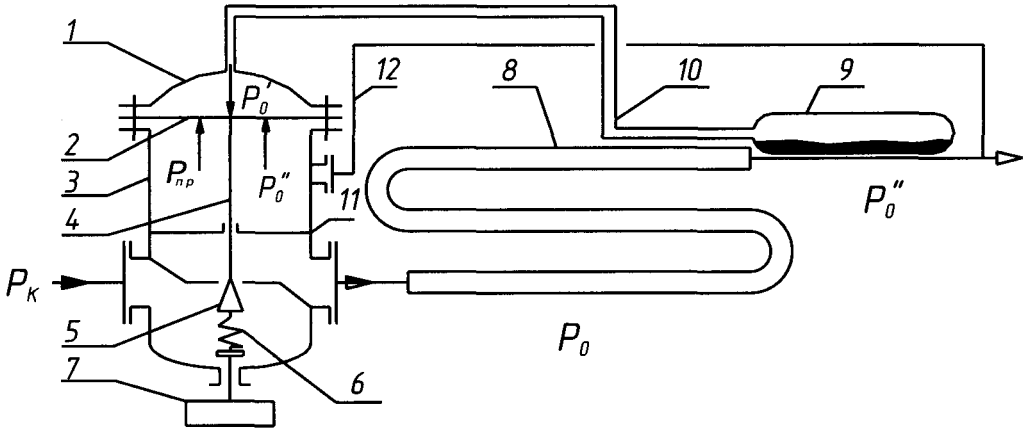



**Рис. 2.14.** ТРВ с внешним выравниванием

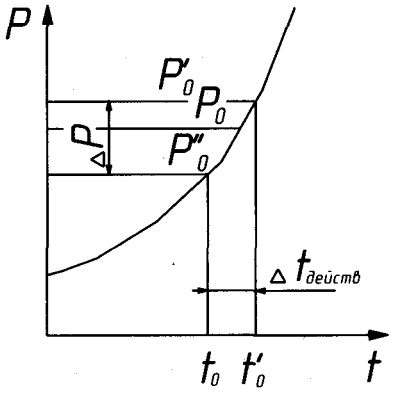



**Рис. 2.15.** Перегрев пара, удерживаемый ТРВ с внешним выравниванием

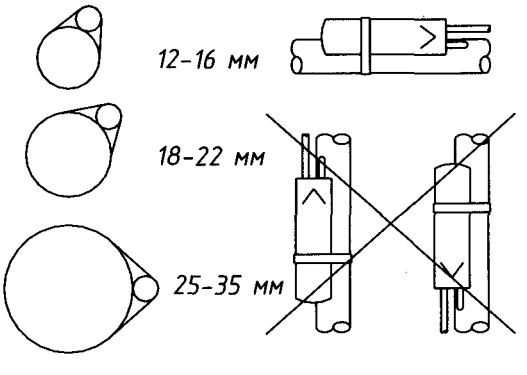



**Рис. 2.16.** Крепление термобаллона ТРВ

щую полость под мембраной от испарителя; для уплотнения штока *4* имеется сальник. Полость соединена с трубкой *12*, расположенной после испарителя (термобаллона). Поэтому на мембрану снизу будет действовать давление $P_0'$, и уставка $\Delta P$ отсчитывается как разность $P_0 - P_0'$ (рис. 2.15), то есть перегрев $\Delta t$ соответствует уставке.

ТРВ универсальны в использовании, они одинаково успешно регулируют питание кожухотрубных и пластинчатых затопленных испарителей (с явно выраженным уровнем холодильного агента), воздухоохладителей с неявным уровнем, причем независимо от вида подачи — верхней или нижней.

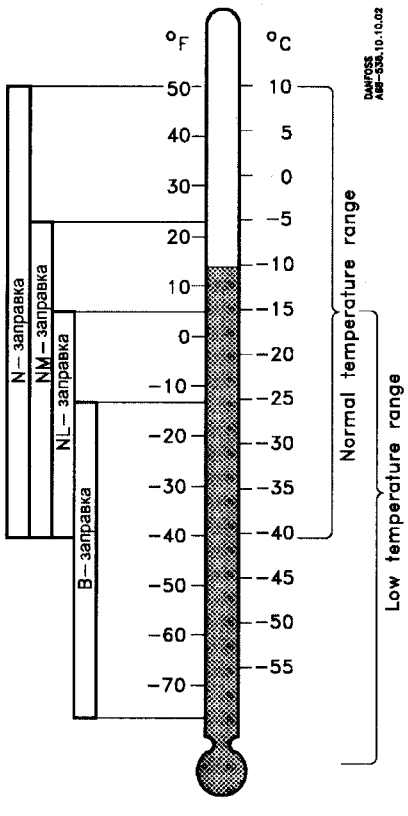



**Рис. 2.17.** Диапазон ТРВ

Один ТРВ иногда применяют для подачи холодильного агента в несколько параллельных испарителей, например, секций многосекционного воздухоохладителя. Для равномерности заполнения их устанавливают на одном уровне или прокладывают уравнительные жидкостные и паровые линии. Если испарители расположены на разных уровнях, необходимо применять распределители жидкости, выравнивающие сопротивление секций.

Для работы ТРВ важно расположение термобаллона. На рис. 1.46 показано, в каком месте нужно его устанавливать. Однако, в зависимости от диаметра трубы, значение имеет и расположение баллона по высоте. На рис. 2.16 показано, как нужно закреплять термобаллон ТРВ.

Подбор ТРВ несколько осложняется тем, что производители используют *MOP* (*max. operating pressure*) — максимальное рабочее давление, то есть давление кипения, при котором ТРВ перекрывает подачу жидкого холодильного агента в испаритель, предотвращая повышение давления в нем. Увеличение давления кипения не приводит к открытию ТРВ по достижении давления *MOP*. ТРВ делятся на высокотемпературные, среднетемпературные и низкотемпературные (рис. 2.17). Кроме того, существуют и ТРВ без *MOP* (для коммерческих серий). Поэтому следует, прежде всего, определиться с областью работы терморегулирующего вентиля. В табл. 2.1 показаны диапазоны для ТРВ с различными заправками.

Как уже говорилось, ТРВ должен снижать давление конденсации $P_к$ до давления кипения $P_0$. Однако, кроме этого перепада давления, существует перепад давления в жидкостной линии, фильтре-осушителе, смотровом стекле, запорных вентилях, клапанах, изгибах, перепадах высот. Это тоже необходимо учитывать при подборе ТРВ.

**Таблица 2.1.** Диапазоны для ТРВ с различными заправками

| Холодильный агент | Диапазон *N* от − 0 до 100 °C | Диапазон *NM* от −40 до 50 °C | Диапазон *NL* от −40 до −150 °C | Диапазон *B* от 0 до −250 °C |
|---|---|---|---|---|
| | *MOP* — температура кипения $t_0$ и давление кипения $P_0$ | | | |
| | 150 °C | 0 °C | −100 °C | −200 °C |
| *R*22 | 8 бар | 5,2 бар | 3,5 бар | 2.4 бар |
| *R*134*a* | 5 бар | 3,1 бар | 2,1 бар | |
| *R*404*a*/507 | 9,3 бар | 6,2 бар | 4,4 бар | 3,1 бар |
| *R*407 | 6,6 бар | 3,6 бар | | 1,1 бар |

Указать в данном издании даже сильно усредненные значения гидравлических сопротивлений многочисленных элементов арматуры и приборов КиПиА не представляется возможным, так как в каждом конкретном случае их необходимо рассчитывать.

Для этого существует ряд программ, таких например, как *DIRcalc*, где имеется набор моделей арматуры и участков труб различных диаметров и конфигураций, из которых можно составлять любые комбинации, причем не только для участков жидкостных трубопроводов, но и для паровых участков. Данные по гидравлическому сопротивлению выводятся в удобном для пользователя виде.

Особенно удобны подобные программы для расчета крупных холодильных установок с насосной подачей. В табл. 2.2 приведены значения гидравлического сопротивления трубопроводов. Таким образом рассчитывается давление, для которого подбирается ТРВ. Естественно, производительность ТРВ должна также соответствовать холодопроизводительности холодильной машины и испарителя.

**Таблица 2.2.** Гидравлическое сопротивление трубопроводов

| Холодильный агент | Статический перепад давления из-за разности высот испарителя и ресивера, бар | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 6 м | 12 м | 18 м | 24 м | 30 м |
| *R*22 | 0,7 | 1,4 | 2,1 | 2,8 | 3,6 |
| *R*134*a* | 0,7 | 1,4 | 2,1 | 2,8 | 3,6 |
| *R*404*a*/507 | 0,6 | 1,3 | 1,9 | 2,5 | 3,2 |
| *R*407 | 0,6 | 1,3 | 1,9 | 2,5 | 3,2 |

На рис. 2.18 приведена таблица из каталога фирмы *Danfoss*, показывающая, как по разности давления и производительности подбирается ТРВ.

Как видно, ТРВ имеет сменные вставки (дюзы), которые могут существенно менять производительность вентиля; это удобно не только для производства, но и для складского хранения.

| Тип вентиля | Номер проходного сечения | Перепад давления на вентиле Δp, бар | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| | | Температура кипения -10°C | | | | | | | |
| TX 2/TEX 2-0.15 | 0X | 0.37 | 0.47 | 0.53 | 0.57 | 0.60 | 0.63 | 0.64 | 0.64 |
| TX 2/TEX 2-0.3 | 00 | 0.79 | 0.96 | 1.1 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| TX 2/TEX 2-0.7 | 01 | 1.6 | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.8 |
| TX 2/TEX 2-1.0 | 02 | 2.2 | 2.9 | 3.3 | 3.6 | 3.8 | 4.0 | 4.1 | 4.1 |
| TX 2/TEX 2-1.5 | 03 | 3.9 | 5.1 | 5.9 | 6.4 | 6.8 | 7.1 | 7.3 | 7.3 |
| TX 2/TEX 2-2.3 | 04 | 5.8 | 7.6 | 8.7 | 9.5 | 10.1 | 10.5 | 10.8 | 10.9 |
| TX 2/TEX 2-3.0 | 05 | 7.4 | 9.6 | 11.0 | 12.0 | 12.8 | 13.3 | 13.6 | 13.8 |
| TX 2/TEX 2-4.5 | 06 | 9.1 | 11.8 | 13.5 | 14.7 | 15.6 | 16.2 | 16.6 | 16.8 |

**Рис. 2.18.** Таблица подбора ТРВ

Так называемые электронные ТРВ намного точнее регулируют заполнение испарителя и перегрев пара после него. Эти ТРВ уже не зависят от многочисленных механических ограничений; диапазон их рабочих температур — от минус 50 °С до минус 60 °С; у отдельных моделей до –70 °С и ниже (он ограничен только характеристиками материала корпуса). Сигнал открытия клапана подает контроллер, работающий по сигналу датчика температуры (как правило, датчиков температуры несколько — на выходе из испарителя, в ребре воздухоохладителя, на входе и выходе воздуха в воздухоохладитель).

Электронный ТРВ схематично показан на рис. 2.19. Привод от катушки *2* позволяет с некоторой периодичностью открывать и закрывать клапан (у импульсных ТРВ); контроллер *6* ориентируется на сигналы датчиков температуры на выходе из испарителя *7* и в камере *8*. Однако оказалось, что крупные ТРВ очень быстро разбивают седло.

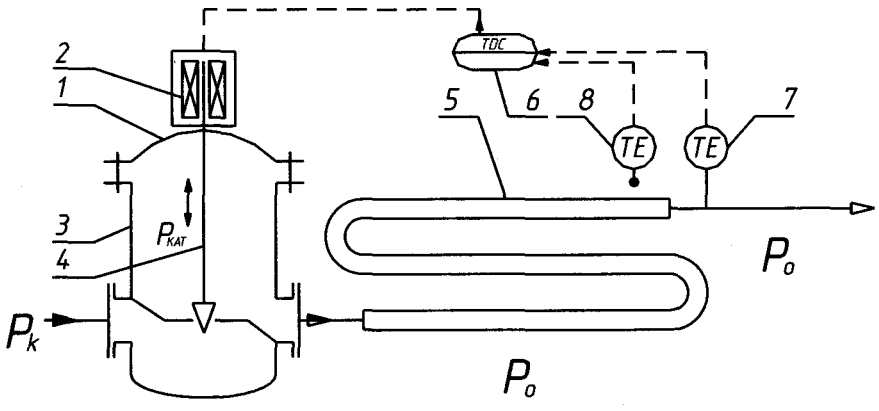



**Рис. 2.19.** Электронный ТРВ с датчиками температуры

На рис. 2.20 показан электронный ТРВ, характерный для установок с большой производительностью. Здесь шток двигает специальный пошаговый электродвигатель, которым так же управляет контроллер. Контроллер сравнивает сигналы датчиков температуры *6, 7* и датчика давления *9*, определяя величину перегрева.

Обозначение на функциональных схемах автоматизации электронных расширительных вентилей почти не отличается от обозначения механического ТРВ, — за исключением обозначения термочувствительного элемента. Теоретически электронный ТРВ можно обозначить на схеме как механический, — ошибки не будет; но лучше делать это, как показано на рис. 2.21*а, б*. Здесь обозначен ТРВ с приводом от катушки и моторным приводом, контроллер, управляющий ТРВ и датчики. Датчики могут обозначаться ТТ и РТ, а не ТЕ и РЕ, Т — это указывает на преобразование сигнала.

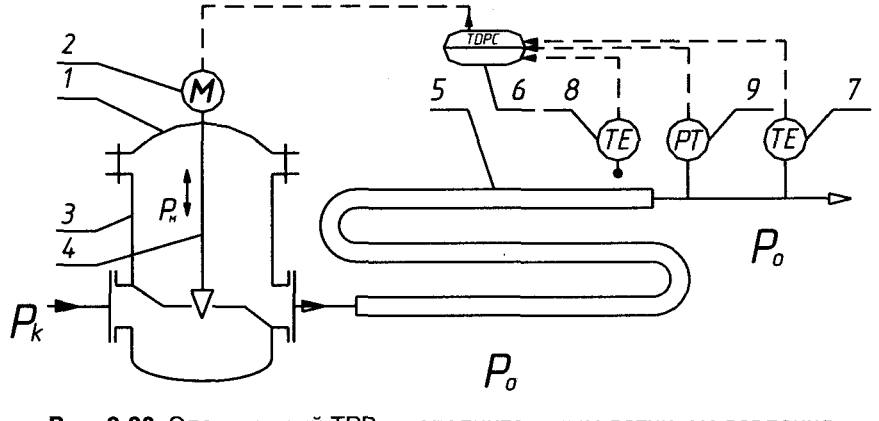



**Рис. 2.20.** Электронный ТРВ с дополнительным датчиком давления

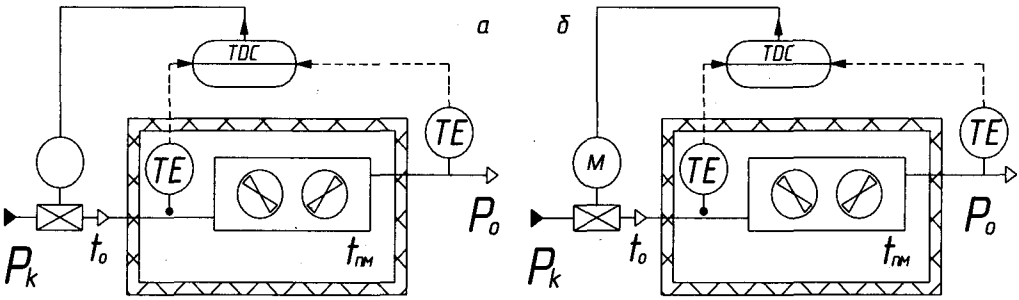



**Рис. 2.21.** Обозначение электронного ТРВ на схемах: *а* — с приводом от катушки, *б* — моторным

## 2.3. Регуляторы уровня жидкого холодильного агента в испарителях

Приборы этого типа регулируют перегрев пара после испарителя посредством поддержания постоянного уровня жидкого холодильного агента. Такие регуляторы применяются для схем с затопленным испарителем (кожухотрубным или пластинчатым), то есть для испарителей с ярко выраженным уровнем жидкости, характерных для промышленных холодильных установок.

Поплавковые регуляторы — это статические регуляторы прямого действия, дающие некоторую статическую погрешность, из-за чего при большом теплопритоке к испарителю, его заполнение меньше, чем при малой нагрузке. Поплавковые регуляторы, регулирующие уровень дросселированной жидкости, являются регуляторами низкого давления («после себя»); регулирующие уровень недросселированой жидкости — регуляторами высокого давления («до себя»). Основным элементом таких регуляторов является поплавок (стальной шар или цилиндр), перемещающийся вместе с жидкостью.

Регуляторы низкого давления разделяются на проходной (рис. 2.22*а*) и не проходной тип (рис. 2.22*б*). Корпус *5* регулятора проходного типа соединяется паровой *7* и жидкостной *4* уравнительными трубами с сосудом *10*, где поддерживается постоянный уровень жидкости — образуется система сообщающихся сосудов. Уровень жидкости понижается, поплавок опускается *6* и, через рычаг, поворачивающийся на шарнире *3*, открывает игольчатый клапан *2*, пропуская жидкость со стороны высокого давления по патрубку *1*. В проходном сечении клапана жидкость дросселируется, поступает в корпус поплавка и по жидкостной трубе *4* поступает в сосуд *10*. Пар, образовавшийся при дросселировании, через патрубок *7* так же поступает в сосуд.

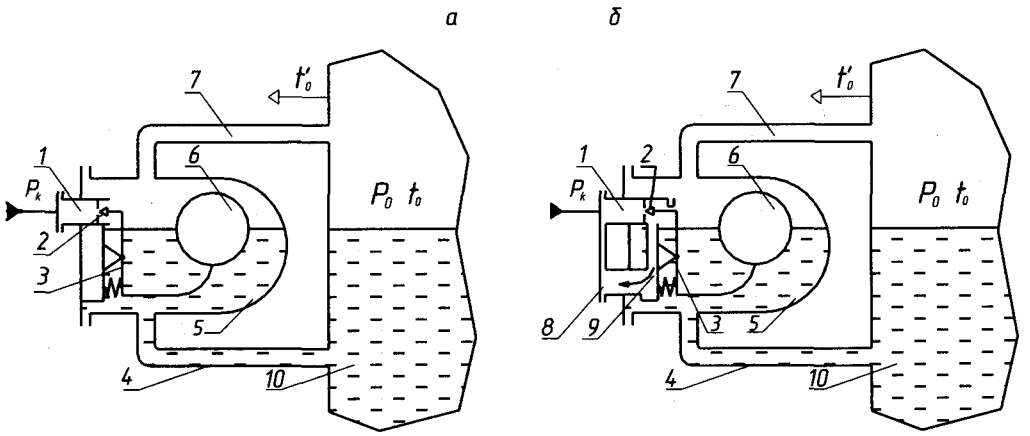



**Рис. 2.22.** Поплавковые регуляторы уровня низкого давления: *а* — проходного типа, *б* — непроходного типа

В регуляторе непроходного типа дросселированная жидкость не попадает внутрь корпуса, а через выходной патрубок *8* и по отдельной трубе поступает непосредственно в сосуд по внутреннему каналу *9* .

Регулятор проходного типа не может подавать жидкость под уровень жидкого холодильного агента, так как для этого ему требуется разность высот столбов жидкости. Регулятор непроходного типа может подавать жидкость как под уровень, так в любую точку сосуда выше уровня холодильного агента, — он подает жидкость под действием разности давления кипения и конденсации. На рис. 2.23 показано присоединение поплавкового регулятора непроходного типа с фильтром для предотвращения засорения и регулирующим вентилем в качестве дублирующего устройства.

Поплавковые регуляторы являются регуляторами прямого действия, где перемещение регулирующего органа осуществляется за счет энергии, развиваемой чувствительным элементом. Другими словами, чем больше установка — тем больше регулятор. Это часто неудобно, так как поплавковые регуляторы могут достигать размеров самой установки. Поэтому чаще применяют регуляторы непрямого действия: в холодильной технике как правило —

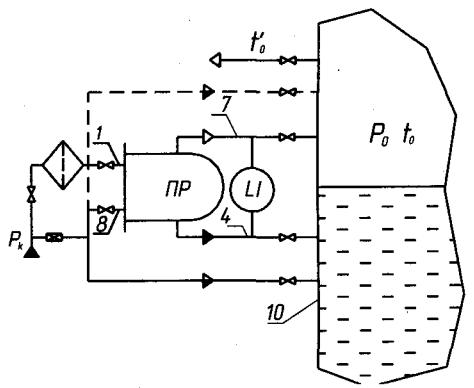



**Рис. 2.23.** Присоединение поплавкового регулятора к сосуду. Пунктиром обозначен трубопровод, который может подавать жидкость выше уровня холодильного агента

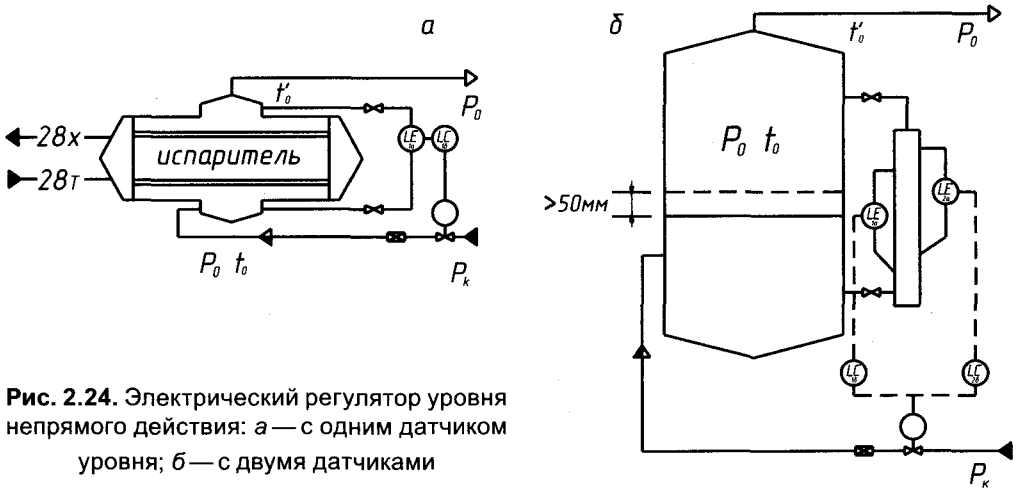



**Рис. 2.24.** Электрический регулятор уровня непрямого действия: *а* — с одним датчиком уровня; *б* — с двумя датчиками

электрические, реже — гидравлические, в пищевой промышленности распространены пневматические регуляторы (они названы по виду привода перемещающего регулирующий орган).

На рис. 2.24 показаны схемы электрических регуляторов уровня непрямого действия. На рис. 2.24*а* представлен сосуд, где используется один двухпозиционный датчик уровня, преобразующий изменение уровня жидкости в электрический сигнал, имеющий дифференциал. Этот датчик при падении уровня подает сигнал для открытия соленоидного клапана, при повышении — для закрытия. Такие схемы применяются, если колебание уровня в сосуде очень невелико. На рис. 2.24*б* показана схема с двумя датчиками, — для сосуда с большими колебаниями уровня жидкости (40–50 мм и более); верхний датчик дает сигнал для закрытия клапана, нижний — для открытия.

Гидравлический поплавковый регулятор уровня показан рис. 2.25. Здесь перемещение регулирующего органа производится за счет энергии потока жидкости, подаваемой в сосуд, где удерживается уровень. На сосуде установлен поплавковый регулятор *2* проходного типа. Внутри корпуса *3* регулирующего прибора (в данном случае, вторичного прибора) в направляющих *4* передвигается поршень *5* несущий основной клапан. Если в сосуде уровень недостаточен, открывается поплавковый регулятор и сверху на регулирующий прибор поступает жидкость при давлении кипения; снизу при этом действует большее давление конденсации. Под этим усилием прибор пропускает жидкость в сосуд до тех пор, пока поплавок не закроет клапан. Отверстие *8* выравнивает давление сверху и снизу поршня, пружина *7* закрывает клапан регулирующего прибора. Такая схема надежна, так как в ней отсутствуют электрические составляющие, могущие выйти из строя

(механические стальные элементы регулятора гораздо более надежны).

*Поплавковый регулятор жидкости* высокого давления «до себя», поддерживая уровень недросселированной жидкости, косвенно регулирует уровень жидкого холодильного агента в испарителе и перегрев выходящего из испарителя пара. Такой регулятор устанавливается на жидкостной трубе после конденсатора, реже — в самом конденсаторе.

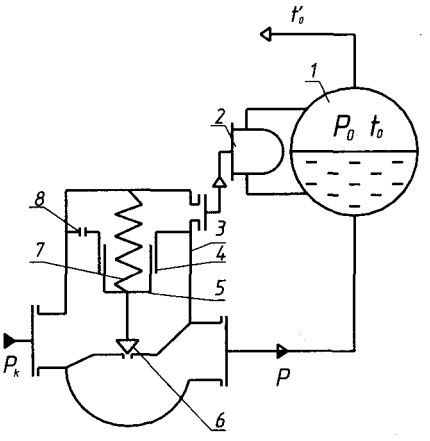



**Рис. 2.25.** Гидравлический поплавковый регулятор уровня, использующий энергию жидкости

Принцип работы такого регулятора показан на рис. 2.26, где в корпусе *1*, закрытом крышкой *7*, находится поплавок *10*. Рычаг *9* соединен через шарнир с поплавком, он открывает игольчатый клапан *3*, через который холодильный агент по патрубку *6* поступает в испаритель. Жидкость из конденсатора поступает в корпус поплавка по патрубку *2*. Камера *4* соединена тонкой трубкой *8* с паровым пространством корпуса, поэтому давление там немного ниже давления внутри корпуса регулятора. Такая конструкция требует для закрытия клапана небольшого усилия, при этом размер поплавка, рычага и всего регулятора остается минимальным. В патрубке *6* находится тонкая трубка *5*, где происходит основное падение давления,

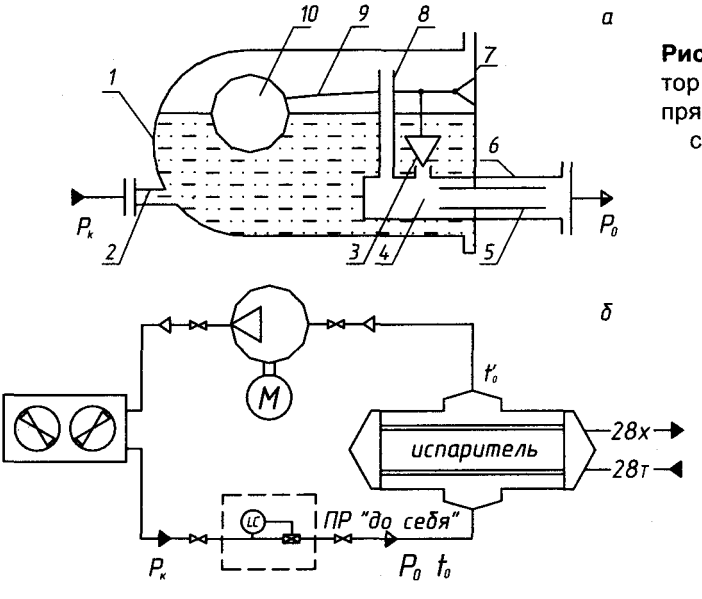



**Рис. 2.26.** Поплавковый регулятор уровня высокого давления прямого действия: а — устройство, б — схема установки

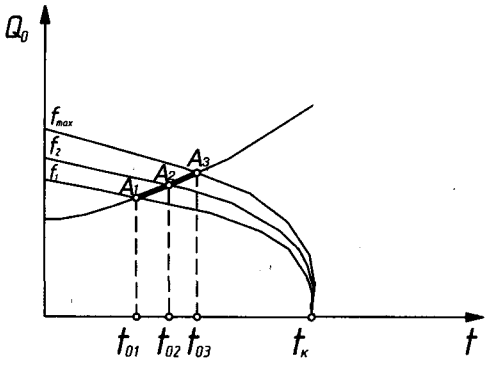



**Рис. 2.27**. Обобщенная характеристика регуляторов перегрева пара

благодаря чему зона низких температур несколько удаляется от корпуса регулятора.

Такой регулятор можно устанавливать где угодно, независимо от уровня в сосуде. Однако из-за того, что он удерживает уровень лишь в самом себе и не контролирует ни перегрев, ни уровень жидкости в испарителе, лучше применять этот регулятор в системах с дозированной заправкой (иначе он перепустит всю жидкость в испаритель, вызывая влажный ход компрессора) или системах с одним испарителем или испарителями, установленными на одном уровне и связанными уравнительными трубками, как сообщающиеся сосуды. Достоинством регулятора данного типа является выравнивание давлений через трубку *8* при остановке, что облегчает пуск.

Обобщенная характеристика регуляторов перегрева пара, которая накладывается на характеристику компрессора, представлена на рис. 2.27. Как видно, величина проходного сечения регулятора зависит от температуры кипения и обеспечивает необходимую производительность компрессора. Пропускная способность регулятора ограничена площадью сечения $f_{max}$, однако эта проблема решается параллельной установкой нескольких регуляторов, что показано на рис. 2.28. Иногда такое решение применяется в связи с отсутствием регуляторов нужной производительности или необходимостью срочно сдать объект. При пуске компрессора оба соленоидных клапана (вентиля)

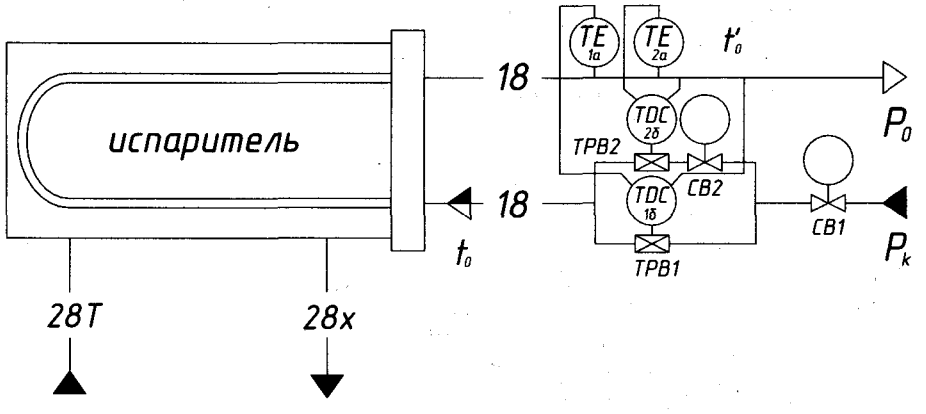



**Рис. 2.28.** Схема включения двух параллельных ТРВ

*СВ1* и *СВ2* открываются. В период высокой нагрузки на испаритель работают оба ТРВ. Затем закрывается *СВ2*, и работает только ТРВ1; при остановке компрессора оба соленоидных клапана закрываются.

Широкое применение в бытовом и торговом холодильном оборудовании нашли так называемые стабилизаторы уровня жидкости высокого давления. Это капиллярные трубки, в домашних холодильниках выполняющие функцию дросселирования, поддержания уровня в испарителе («морозилке») и обеспечения перегрева пара. Недостатком их можно считать лишь незначительный диапазон температур кипения, однако их простота и надежность перекрывает все возможные проблемы в использовании.

## 2.4. Вентили постоянного давления (автоматические дроссели по давлению — АДД)

В некоторых случаях применяются регуляторы, обеспечивающие не перегрев пара после испарителя, а непосредственно температуру или давление кипения (рис. 2.29). Они подают жидкий холодильный агент в испаритель в зависимости от изменения температуры кипения. Такие вентили типа «до себя» поддерживают постоянное давление в аппарате или части системы, расположенных до вентиля, а «после себя», соответственно, — давление в аппарате или части системы после вентиля. Последние используются для регулирования подачи холодильного агента в испаритель. Сверху на мембрану *2* (сильфон) такого регулятора действует пружина *6*, регулируемая винтом *7* с усилием $P_{пр1}$ и атмосферное давление $P_{ат}$. Снизу на мембрану действует давление кипения $P_0$ и усилие пружины *4* $P_{пр2}$. При включении компрессора, так

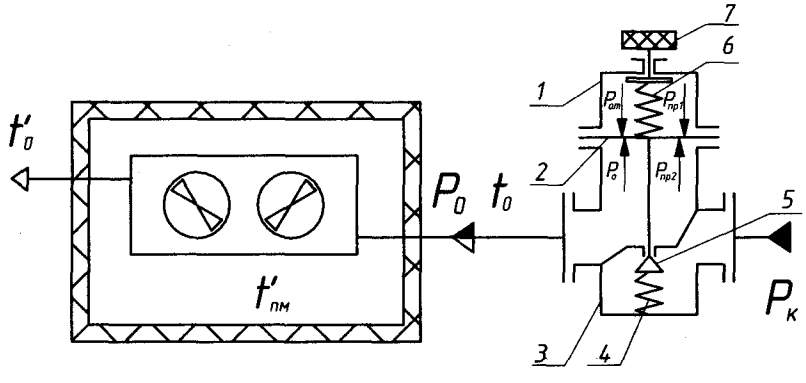



**Рис. 2.29.** Вентиль постоянного давления «после себя»

как давление в испарителе падает, регулятор начинает открываться, подавая холодильный агент в испаритель,. При определенном настройкой давлении кипения наступает равновесие. После остановки компрессора давление в испарителе и под мембраной увеличивается, регулятор закрывается.

## 2.5. Регулирование температуры охлаждаемого объекта

Для конечных потребителей перегрев пара или заполнение испарителя, регулируемые в холодильных агрегатах, в первую очередь, являются весьма отвлеченными понятиями. В то время как температура в холодильной камере или температура продукции крайне важна для них и регламентирована массой нормативной документации.

### 2.5.1. Регулирование температуры объекта в одноиспарительных системах

Регулировать температуру в холодильной камере (контуре хладоносителя) можно исключительно изменением холодопроизводительности испарителя, (а, следовательно, холодопроизводительности компрессора) или, другими словами, изменением расхода энергии. Для регулирования температуры объекта применяют двухпозиционное, позиционное (ступенчатое) и плавное регулирование.

Двухпозиционное регулирование применяется, в основном, в малых холодильных установках. Простейший способ – пуск и остановка компрессора по сигналу датчика, установленного в охлаждаемом объеме. Это позволяет

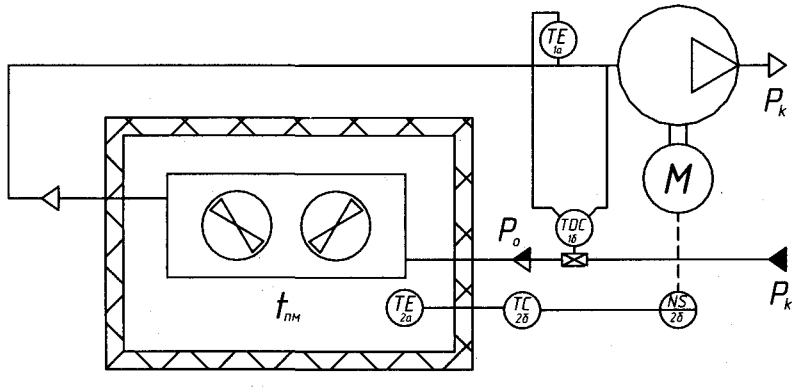



**Рис. 2.30.** Схема двухпозиционного регулирования одноиспарительного объекта непосредственно по температуре

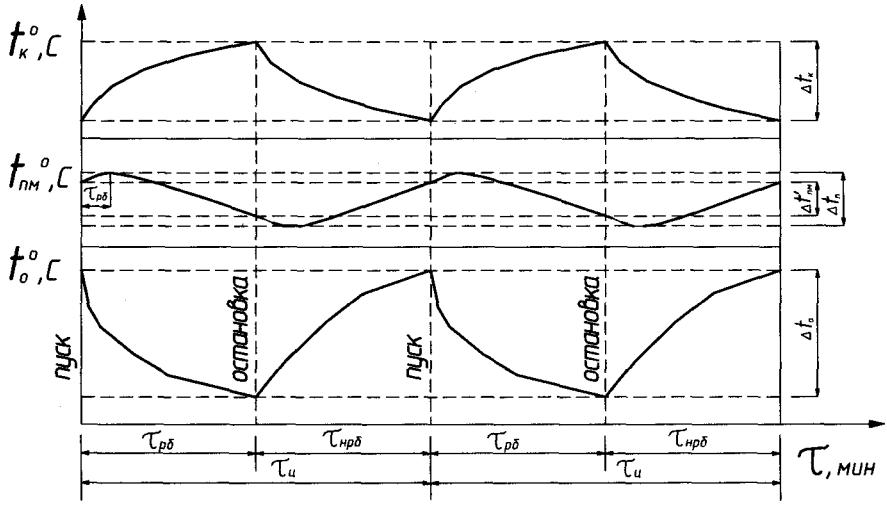



**Рис. 2.31.** Характер изменения параметров температур при двухпозиционном регулировании

регулировать количество перекачиваемого компрессором пара, то есть, производительность. Схема такого регулирования показана на рис. 2.30, где датчик температуры *TE* дает команду магнитному пускателю *NS* на пуск и остановку компрессора. Такое регулирование применяется во всех домашних холодильниках, витринах и большинстве холодильных установок коммерческого назначения.

На рис. 2.31 отображается характер изменения температуры кипения $t_0$, температуры объекта $t_{пм}$, и конденсации $t_к$, за рабочую $\tau_{рб}$ и нерабочую $\tau_{рб}$ часть всего времени цикла $\tau_ц$. После пуска начинается понижение давления (температуры) кипения, замедляющееся к концу $\tau_{рб}$, одновременно растет давление (температура) конденсации. Температура помещения (охлаждаемого объекта) $t_{пм}$ меняется гораздо более плавно из-за большего объема охлаждаемого вещества, чем сам испаритель, с чем связан сдвиг $_з$ на время запаздывания в понижении температуры после остановки компрессора и продолжающийся рост температуры после его пуска. Разница $\Delta t'_{пм}$ является дифференциалом регулятора.

Второй разновидностью двухпозиционного регулирования является пуск и остановка компрессора в зависимости от показаний датчика температуры, прижатого к теплообменной поверхности испарителя (рис. 2.32). Такое регулирование характерно для бытовой холодильной техники. Точность поддержания температуры не высока, но можно применять капиллярные трубки и полуавтоматическое оттаивание, когда датчик отключает компрессор при $t_{пм}$ = 4–5 °С и иней оттаивает с испарителя («морозилки»). Это достигается

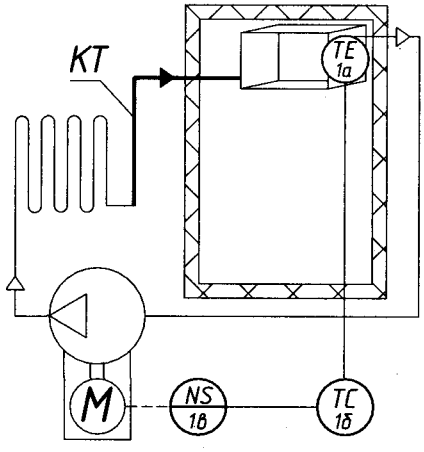



**Рис. 2.32.** Схема регулирования температуры одноиспарительного объекта по температуре кипения (бытовой холодильник)

обычно нажатием кнопки «оттаивание» или соответствующей командой контроллера, после чего холодильная машина работает в обычном режиме. Недостатком такого регулирования является зависимость температуры объекта от теплопритока и необходимость перестраивать регулятор вручную. Так как при внесении теплого продукта или повышении температуры в квартире хозяин бытового холодильника передвигает регулятор в сторону более низкой температуры кипения, компрессор вынужден компенсировать теплоприток более длительным временем работы, поддерживая заданную температуру кипения. Несмотря на то, что в данном случае регулируется температура кипения (температура стенки испарителя), фактически происходит регулирование температуры в камере холодильника.

Третья разновидность двухпозиционного регулирования основана на пуске и остановке компрессора по сигналу датчика давления. Это надежный и простой способ, широко применяющийся в коммерческих и промышленных холодильных агрегатах, а нередко и в торговом оборудовании. На рис. 2.33 по-

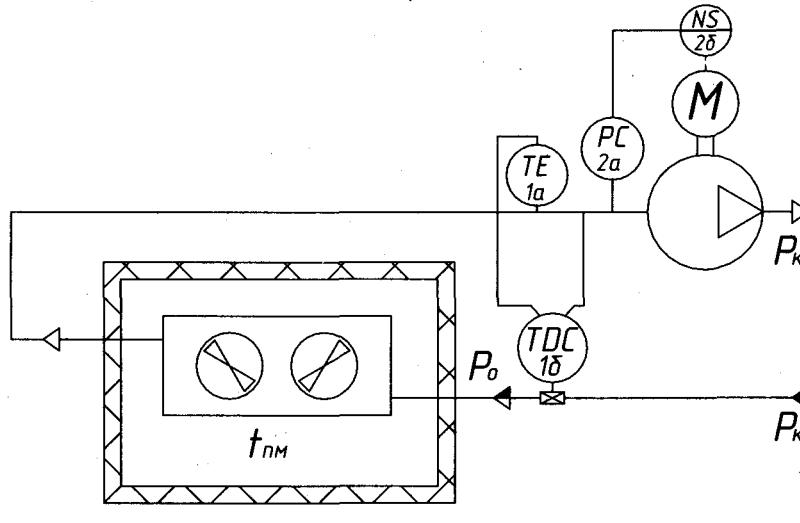



**Рис. 2.33.** Схема регулирования температуры одноиспарительного объекта по давлению кипения

казана схема такого регулирования.

В позиционных или ступенчатых методах регулирования производительности, используют изменение объема пара, перекачанного компрессором, за счет ступенчатого изменения частоты вращения вала, изменения числа включенных цилиндров поршневого компрессора или отключения части компрессоров в централи. Так как практически все двигатели могут переключаться со звезды (*Y*) на треугольник (Δ), то такие методы часто используют, понижая обороты.

При ступенчатом изменении производительности компрессоров существуют два метода регулирования температуры объектов: статический ступенчатый и астатический шаговый. На рис. 2.34 показана функциональная схема ступенчатого статического регулирования температуры объекта, установлены три датчика температуры. Компрессор может переключаться на 500, 750 и 1000 об/мин, то есть имеет четыре ступени регулирования (0, 50, 75 и 100 %).

Предположим, в помещении необходимо поддерживать температуру -20 °С. Для этого первый датчик включает компрессор при -20 °С и выключает при -22 °С на 500 об/мин. Второй включает компрессор на 750 об/мин при -19 °С и выключает при -21 °С, третий включает компрессор на 1000 об/мин при -18 °С и выключает при -20 °С. У всех дифференциал $\Delta t$ = 2К, уставки смещены на = 1К.

Итак первый датчик включил компрессор при -20 °С; если его производительности не хватает (температура растет до -19 °С), то второй датчик

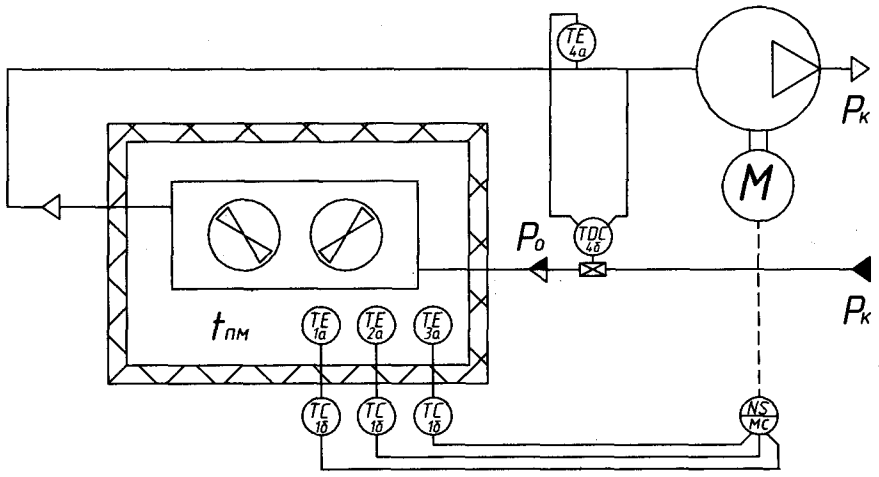



**Рис. 2.34.** Статическое ступенчатое регулирование температуры объекта изменением частоты вращения

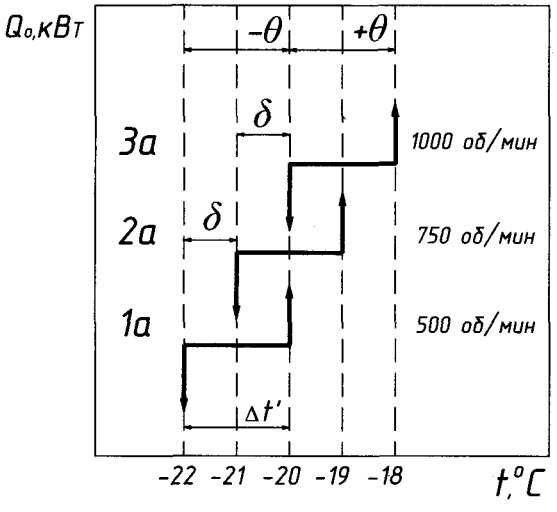



**Рис. 2.35.** Циклограмма

переключает его на 750 об/мин, однако температура продолжает повышаться (до -18 °С) и третий датчик включает компрессор на 1000 об/мин. Так поддерживается $t_{ПМ}$=-20 °С с точностью ±2К (рис. 2.35).

Производительность в многоцилиндровых компрессорах меняется аналогичным образом — посредством выключения отдельных цилиндров отжатием всасывающих клапанов или открытием байпаса. Такой метод регулирования наиболее популярен из-за дешевизны: можно заказать байпасные соленоидные клапаны уже установленными на компрессоры; все производители комплектуют байпасами поршневые и винтовые компрессоры. Циклограмма работы такого регулирования аналогична представленной на рис. 2.35. На рис. 2.36 показана схема подключения такой системы к поршневому компрессору. Компрессор работает на одном цилиндре, затем, если температура растет, включается второй цилиндр, если температура продолжает расти, включается третий.

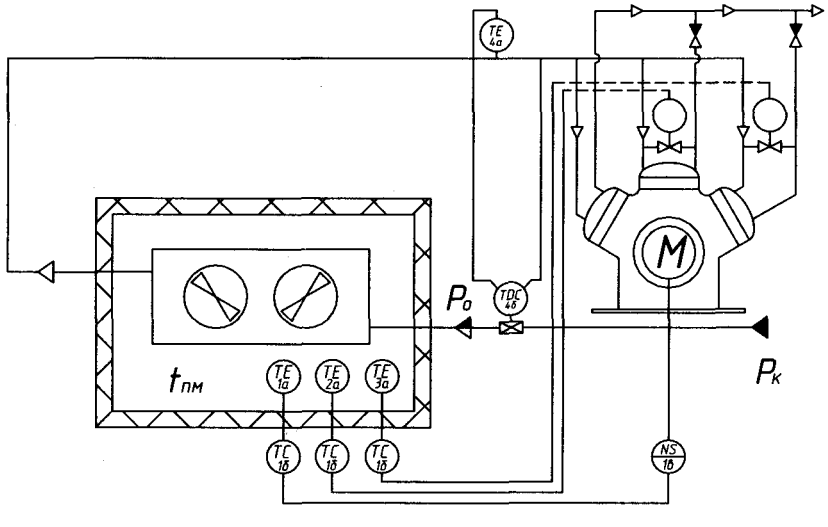



**Рис. 2.36.** Статическое ступенчатое регулирование температуры объекта выключением цилиндров с помощью байпаса

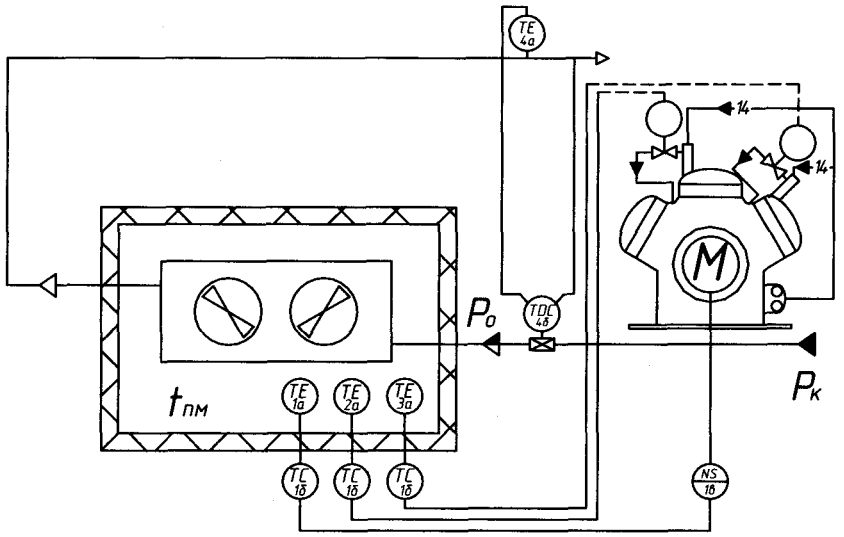



**Рис. 2.37.** Статическое ступенчатое регулирование температуры объекта выключением цилиндров путем отжима всасывающих клапанов электромагнитным приводом. *14* — масло

Естественно, трехцилиндровых компрессоров не существует, такая схема приведена для примера, — но такое регулирование можно применить для шестицилиндрового компрессора с парой поршней. Аналогично происходит регулирование при отжиме всасывающих клапанов электромагнитными приводами (рис. 2.37). Так же возможен гидравлический отжим всасывающих клапанов — давлением масла. При остановке компрессора пружина отжимает клапаны, затем при пуске компрессора от датчика *1а* масляный насос создает давление, и клапаны встают на место. Если производительность избыточна, то по сигналу датчика *2а* открывается соленоидный клапан *СВ1,* тогда цилиндр отключается и компрессор начинает работать на меньшую производительность.

Самым распространенным при производстве централей является ступенчатое изменение холодопроизводительности простым отключением компрессоров (рис. 2.38). В централи их может быть от 2 до 16, поэтому регулирование, несмотря на простоту, достаточно точно и эффективно (хотя, если компрессоров больше 3–4, точность поддержания постепенно падает). На рис. 2.39 показана циклограмма такого регулирования, — как видно, она полностью аналогична приведенным выше.

При большем числе ступеней очень удобно применять астатическое шаговое регулирование (рис. 2.40). Здесь применяется один датчик температуры, — например с уставкой 20 °С; когда температура повысится до -19 °С, включится компрессор КМ1, замыкнутся контакты КС-1. При этом реле вре-

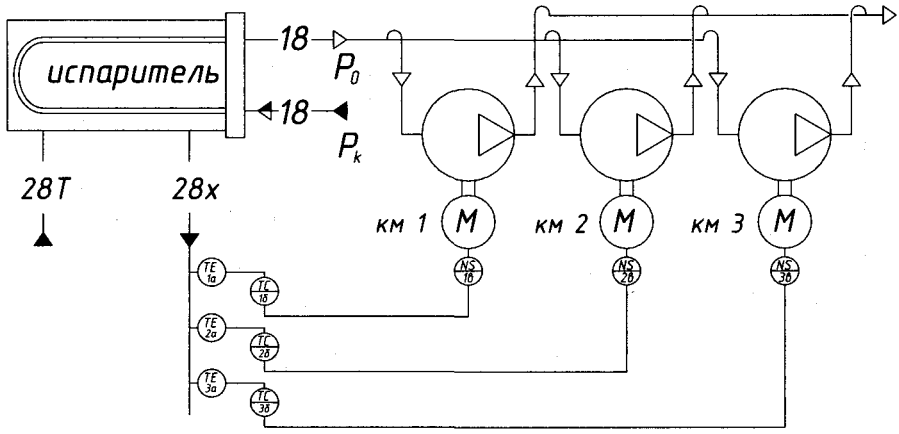



**Рис. 2.38.** Статическое ступенчатое регулирование температуры объекта изменением числа работающих компрессоров

мени *1* периодически, с интервалом от 5 до 40 мин, проверяет сигнал датчика температуры и если тот все еще замкнут, показывая рост температуры, то подключает сначала КМ2 через контакт КС-2, а затем и третий компрессор. Система поддерживает температуру с точностью ±1К, — то есть с большей точностью, чем при статическом регулировании. На рис. 2.41 показана циклограмма астатического шагового регулирования температуры объекта. Такой тип регулирования применим для многокомпрессорных централей или чиллеров.

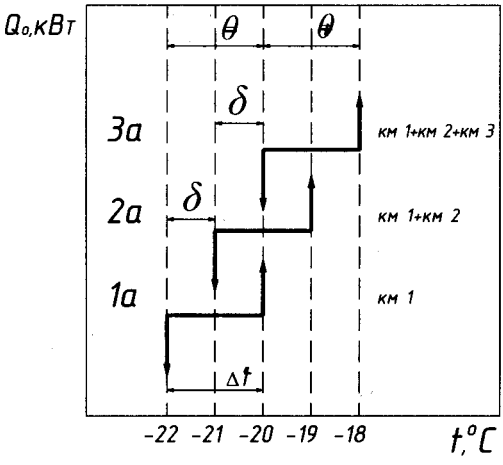



**Рис. 2.39.** Циклограмма при изменении числа компрессоров

Существуют способы плавного регулирования производительности компрессоров путем регулирования частоты сети. Стоимость его высока, однако при мощностях электродвигателей до 20 кВт, подобные схемы иногда применяют, плавно понижая или повышая число оборотов вала компрессора частотными регуляторами.

Один из способов изменения производительности компрессора заключается в дросселировании пара, всасываемого в компрессор автоматическим дросселем по температуре АДТ непрямого действия (рис. 2.42).

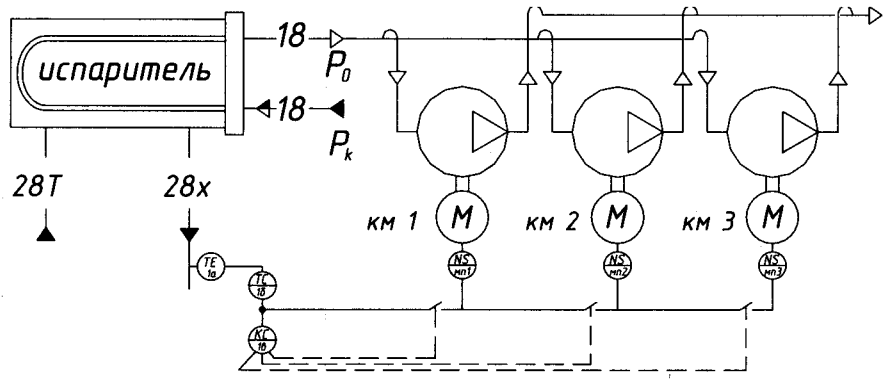



**Рис. 2.40.** Астатическое шаговое регулирование температуры объекта изменением числа работающих компрессоров

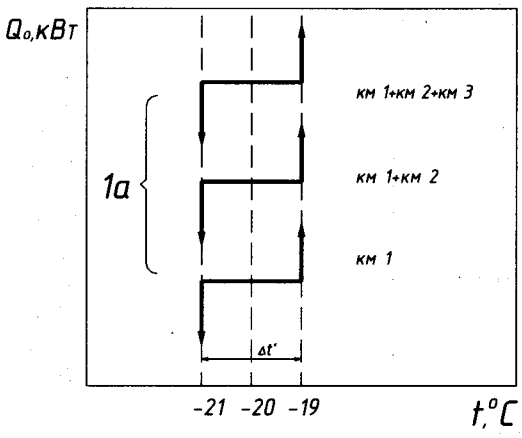



**Рис. 2.41.** Циклограмма астатического шагового регулирования

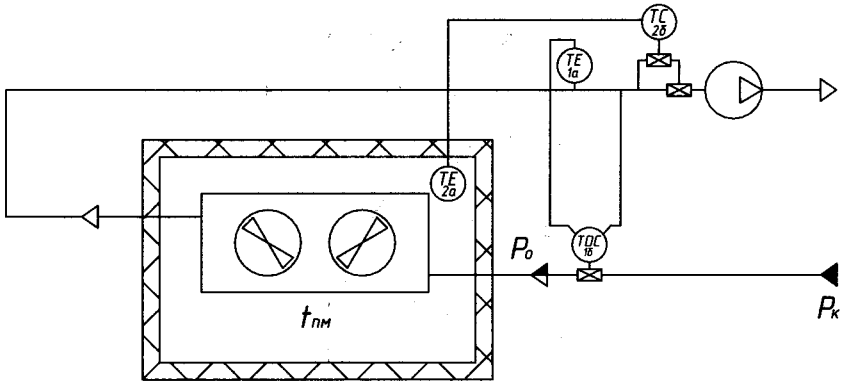



**Рис. 2.42.** Плавное регулирование температуры объекта дросселированием всасываемого в компрессор пара (непрямого действия)

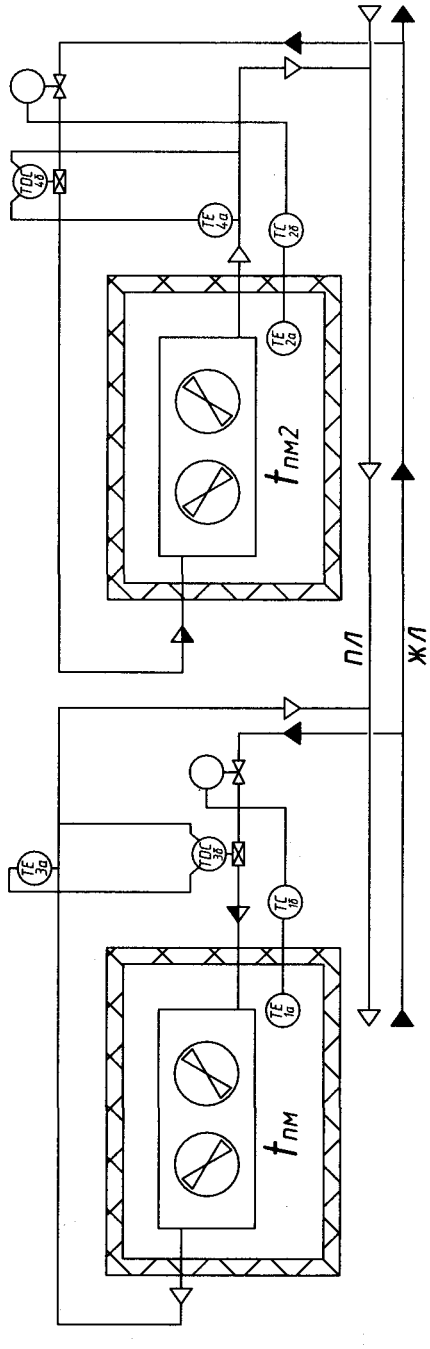



**Рис. 2.43.** Двухпозиционное регулирование температуры объектов многоиспарительных систем с безнасосной подачей холодильного агента через ТРВ

## 2.5.2. Регулирование температуры объекта в многоиспарительных системах

Наиболее часто один или несколько компрессоров работают на многочисленные испарители.

Регулирование температуры в испарителях систем с непосредственным охлаждением чаще всего осуществляется двухпозиционным методом. Это достигается отключением всей теплообменной поверхности, как показано на рис. 2.43 (здесь и далее ПЛ — паровая линия, ЖЛ — жидкостная линия). При понижении температуры в камере до заданной величины сигналы датчиков *1а* и *2а* одновременно закрывают соленоидные клапаны *СВ1* и *СВ2* для регулирования перегрева у каждого испарителя есть собственный ТРВ. При верхней подаче выключение теплообменной поверхности из работы происходит быстро (за счет стекания холодильного агента), при нижней — из-за необходимости выкипания агента — процесс идет гораздо более инерционно. На рис. 2.44 показан способ уменьшения колебаний температуры в камере после закрытия соленоида из-за продолжающегося кипения в испарителе. По сигналу датчика закрываются соленоидные клапаны *СВ1* (на жидкостной трубе) и *СВ2* (на паровой). Кипение при этом быстро останавливается; при длительном простое через перепускной клапан ПК часть холодильного агента перепускается на всасывание.

В насосных схемах регулирование температуры испарителей осуществляется для каждого индивидуально, а перегрев — централизованно, поддержанием уровня в циркуляционном ресивере ЦР (см. рис. 2.45). На рисунке показаны верхняя и нижняя подача, как в безнасосных установках, нижняя

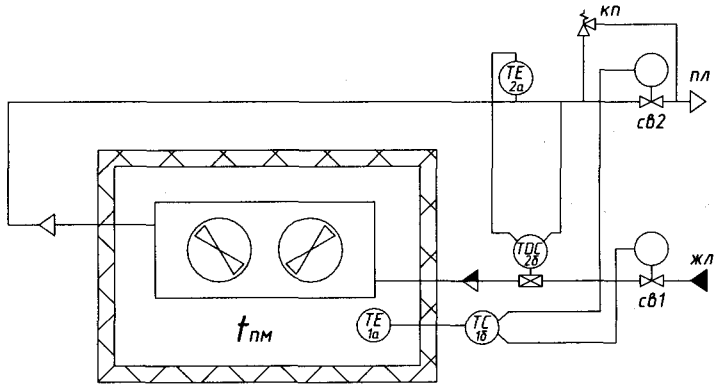



**Рис. 2.44.** Регулирование температуры объекта выключением охлаждающей поверхности путем прекращения подачи холодильного агента и отсасывания пара

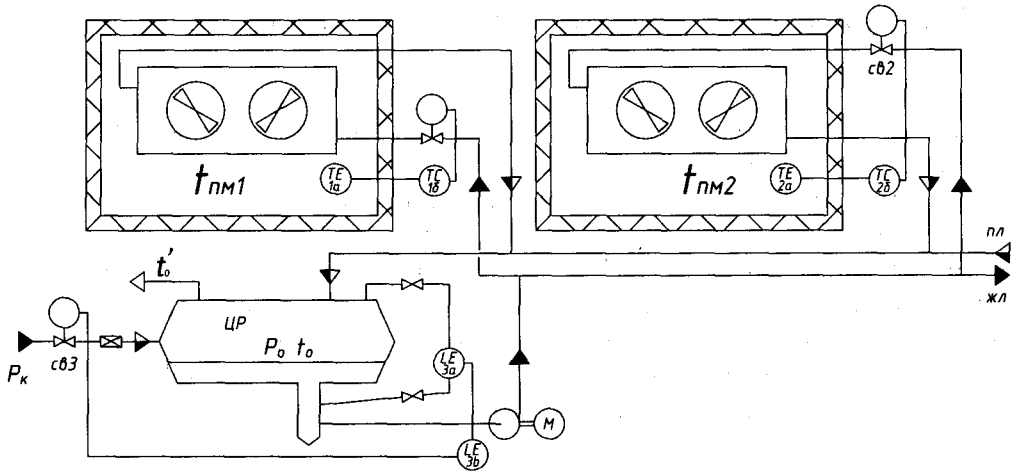



**Рис. 2.45.** Регулирование температуры объектов многоиспарительной системы с насосной подачей холодильного агента

подача более инерционна. Перегрев и рабочий уровень в ресивере поддерживается двухпозиционным электрическим регулятором уровня с датчиком уровня *3а* и исполнительным механизмом СВ3.

Однако, изменяя производительность испарителей, необходимо изменять и производительность компрессоров. Типы регуляции нам уже знакомы по одноиспарительным системам: двухпозиционный, ступенчатый, шаговый. Регуляция насосных и безнасосных систем здесь различна: из-за трудности определения температуры кипения в безнасосных схемах предпочитают регулировать давление кипения.

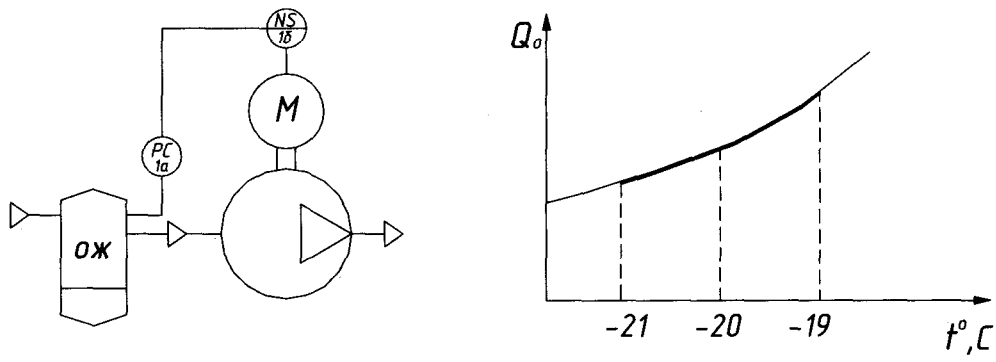



**Рис. 2.46.** Двухпозиционное регулирование температуры (давления) кипения: *а* — схема; *б* — диаграмма

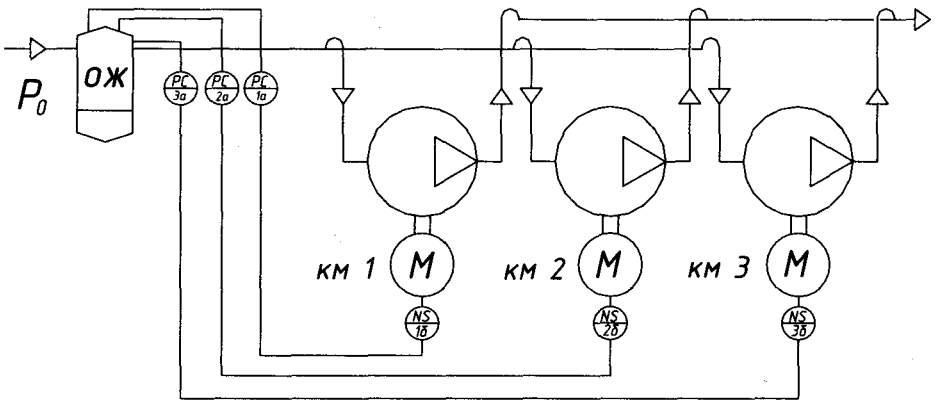



**Рис. 2.47.** Статическое ступенчатое регулирование температуры кипения

На рис. 2.46*а* показана схема двухпозиционного регулирования температуры кипения; датчик давления *1а* установлен на отделителе жидкости. На рис. 2.46*б* показана диаграмма поддержания такой системой давления кипения. При давлении соответствующем -19 °С компрессор включается, при -21 °С выключается.

Ступенчатое регулирование температуры кипения может быть статическое и астатическое. На рис. 2.47 показана схема статического ступенчатого регулирования температуры кипения при наличии трех компрессоров. Например, уставка датчиков на давление, соответствующее температуре -20 °С. При включении установки, если температура в холодильной камере выше -18 °С, то включаются все три компрессора ($I_3$), затем по достижении температуры -20 °С выключается компрессор КМ3. Работу продолжают два компрессора КМ1 и КМ2 ($I_2$). По достижении температуры -22 °С выключается компрессор КМ1 ($I_1$). Диаграмма регулирования приведена на рис. 2.48.

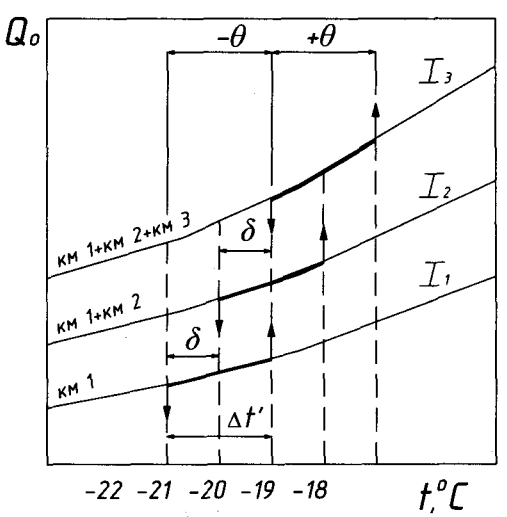



**Рис. 2.48.** Диаграмма: статическое ступенчатое регулирование температуры кипения

Если ступеней регулирования больше трех-четырех, то применяют схему астатического шагового регулирования, уже приведенную нами ранее, но с датчиком давления.

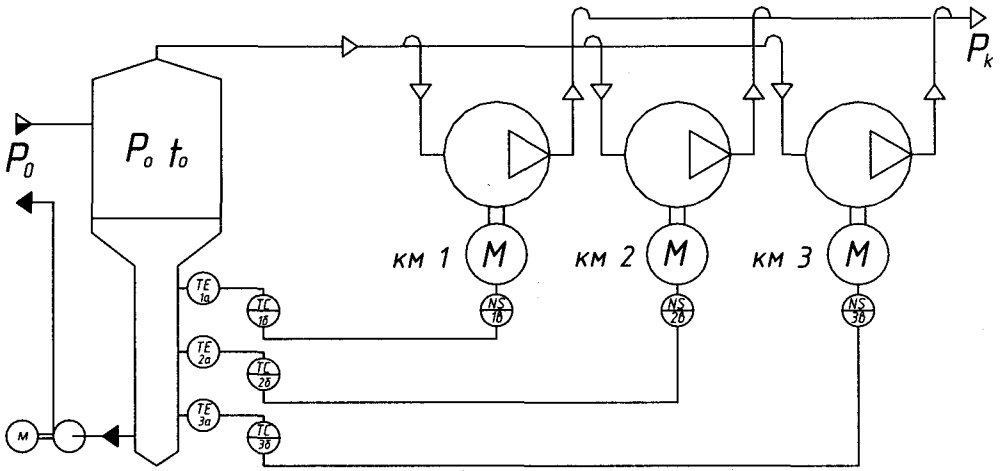



**Рис. 2.49.** Статическое ступенчатое регулирование температуры кипения в насосной схеме

В насосных схемах возможность измерять температуру кипения существует, так как в циркуляционном ресивере насыщенный холодильный агент находится при давлении кипения. Датчики температуры устанавливают непосредственно на жидкостном стояке (рис. 2.49). Недостатком такой схемы является инерционность большого объема жидкости и, соответственно, запаздывание, поэтому чаще применяют датчики давления в паровом объеме, как в безнасосных схемах.

Плавное регулирование дросселированием пара на всасывание компрессора аналогично регулированию автоматическим дросселем давления АДД «до себя» в одноиспарительных системах.

## 2.6. Сравнение различных способов регулирования температуры охлаждаемых объектов

Самыми экономичными методами, близкими к идеалу, можно признать двухпозиционное, ступенчатое и шаговое регулирование, показанные линией *1* на рис. 2.50, когда компрессор снижает потребление энергии пропорционально при понижении производительности от 100 % до минимально возможного. Штрих-пунктирная линия обозначает идеальную характеристику, линия *1* отклоняется от нее из-за того, что при пуске возникают высокие пусковые токи, повышающие расход энергии.

Линия *2* соответствует многоскоростным электродвигателям, повышение расхода электроэнергии здесь происходит из-за ухудшения КПД при пони-

женных оборотах. Линия *3* соответствует регулированию путем отключения цилиндров, потребление электроэнергии повышается из-за того, что к отключенным цилиндрам все равно требуется подводить мощность холостого хода. Линия *4* — дросселирование пара. Самый малоэффективный способ — перепуск пара с нагнетания на всасывающую сторону — линия *5*.

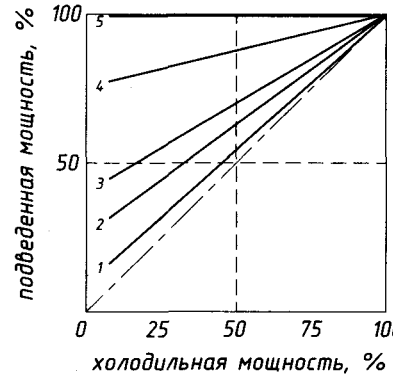



**Рис. 2.50.** Энергетическая эффективность различных способов регулирования температуры объектов

## 2.7. Работа одним компрессором на несколько температур кипения

В небольших холодильных установках, работающих на несколько температур кипения, бывает экономически нецелесообразно устанавливать несколько компрессоров. Поэтому поддерживается одна температура кипения, необходимая холодильной камере с самой низкой температурой. Во второй холодильной камере, за счет регулятора давления кипения АДД «до себя», поддерживается более высокая температура кипения. Такой регулятор ставится на паровой линии от испарителя камеры с более высокой температурой (рис. 2.51) и запирает испаритель до тех пор, пока давление в нем не станет равным заданному. Затем он открывается и перепускает пар на всасывание компрессора, дросселируя его до температуры кипения камеры с более

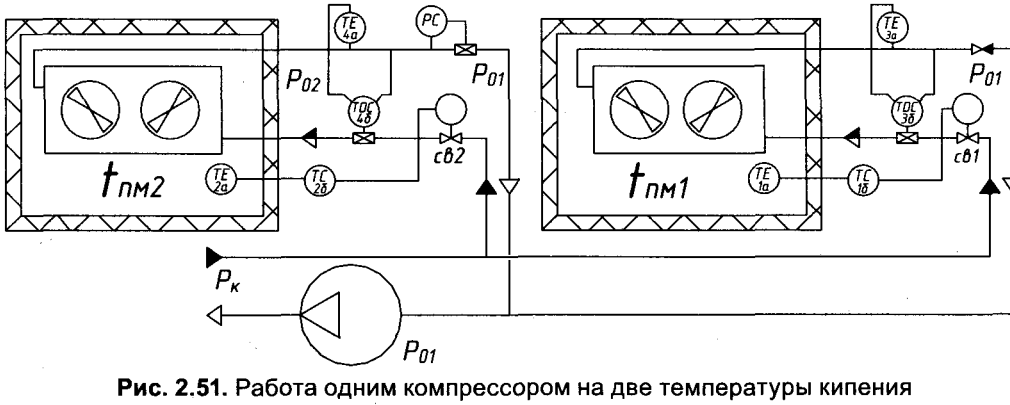



**Рис. 2.51.** Работа одним компрессором на две температуры кипения

низкой температурой. Обратный клапан ОК необходим для того, чтобы при остановке пар из испарителя с более высокой температурой не перетекал через открытый АДД в испаритель низкотемпературной камеры и не конденсировался там, создавая опасность влажного хода и гидроудара.

## 2.8. Регулирование температуры объектов, охлаждаемых хладоносителем

При двухпозиционном регулировании (рис. 2.52) и использовании хладоносителя, заданной температуры помещения добиваются, закрывая соленоидные клапаны *СВ1* и *СВ2*, благодаря чему подача хладоносителя прекращается. Такая система, вследствие большого объема хладоносителя в трубах, достаточно инерционна, пока хладоноситель не нагреется и его температура не сравняется с температурой в охлаждаемом объеме. Поэтому здесь так же есть запаздывание. Насос *Н* в таком случае запускается вместе с компрессором и работает до достижения заданной температуры во всех камерах. Если хотя бы один соленоидный клапан *СВ* открывается, насос запускается автоматически.

Плавное регулирование можно осуществлять, изменяя количество хладоносителя, подаваемого в охлаждающий прибор (рис. 2.53). Такое регулирование называется количественным.

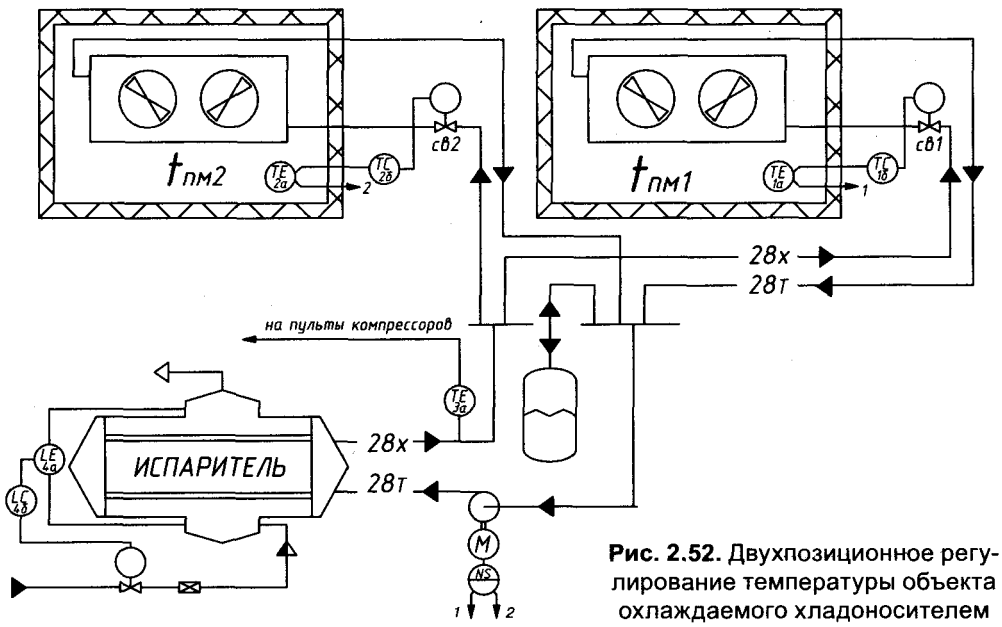



**Рис. 2.52.** Двухпозиционное регулирование температуры объекта охлаждаемого хладоносителем

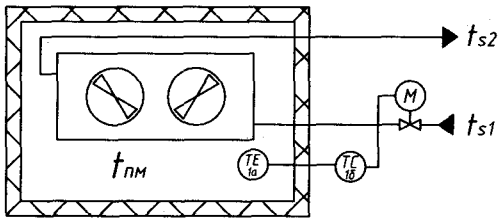



**Рис. 2.53.** Плавное количественное регулирование температуры объекта охлаждаемого хладоносителем

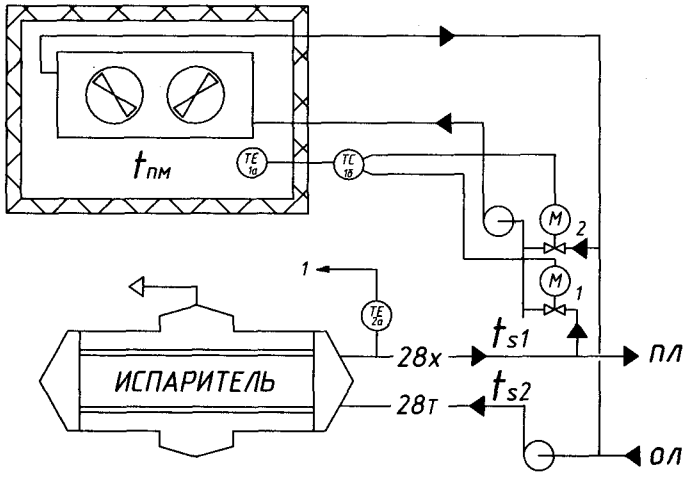



**Рис. 2.54.** Плавное качественное регулирование температуры объектов, охлаждаемых хладоносителем: ПЛ — подающая линия, ОЛ — обратная линия

При уменьшении теплопритока в камеру температура понижается, по сигналу датчика *1а* прикрывается моторный вентиль (или другой исполнительный механизм), снижая поступление хладоносителя. Так как температура выходящего из испарителя хладоносителя $t_{s1}$ остается постоянной, благодаря изменению холодопроизводительности компрессора, то расти будет $t_{s2}$.

Схема качественного регулирования показана на рис. 2.54; в каждый охлаждающий прибор подается неизменное количество хладоносителя, но с разной температурой. Датчик температуры *1а* подает сигнал на открытие вентиля *1*, подающего хладоноситель от насоса; вентиль *2* при этом подмешивает отепленный хладоноситель, тем самым повышая температуру подаваемого хладоносителя. Достоинством такого метода является высокая точность, недостатком — необходимость использовать второй насос. Часто используют не два вентиля, а один, трехходовой, выполняющий те же функции (рис. 2.55).

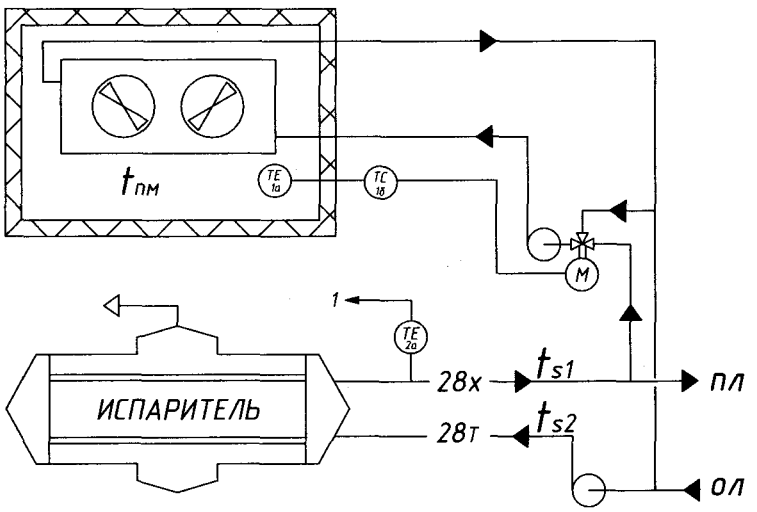



**Рис. 2.55.** Плавное качественное регулирование температуры объектов, охлаждаемых хладоносителем, с использованием трехходового вентиля

## 2.9. Регулирование температуры конденсации

В охлаждаемых водой конденсаторах (кожухотрубных или пластинчатых) регулирование температуры (давления) конденсации осуществляется водорегулирующим вентилем, изменяющим количество воды, поступающей в конденсатор. На рис. 2.56 показан вентиль, имеющий сильфон *3*, соединенный трубкой *2* с термобаллоном, закрепленным на паровой трубе конденсатора *1*. Клапан *5* подпирает пружина *6*, регулируемая винтом *7*. При повышении давления конденсации пар расширяется, давит на сильфон и через шток *4* клапан открывается, пропуская воду. Иногда вместо термобаллона, прижатого к паровой трубе конденсатора, применяют трубку, впаянную в паровую зону конденсатора, выполняющую те же функции. При остановке компрессора давление конденсации снижается, и вентиль закрывается.

На рис. 2.57 показан комплект арматуры, обычно применяемой с водорегулирующим вентилем ВРВ. Байпас *1* применяется в качестве резервного обхода, поскольку соленоидные клапаны для воды и хладоносителей продолжают оставаться ненадежными.

На рис. 2.58 показана схема количественного регулирования температуры (давления) конденсации, характерной для судовых холодильных установок, где основная задача — экономить не воду, а электроэнергию. В такой схеме по сигналу датчика часть отепленной воды перепускается и подмешивается к холодной.

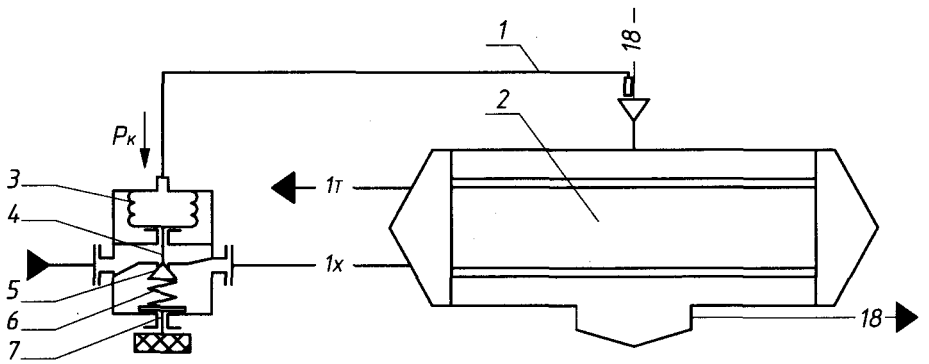



**Рис. 2.56.** Водорегулирующий вентиль и его присоединение к конденсатору

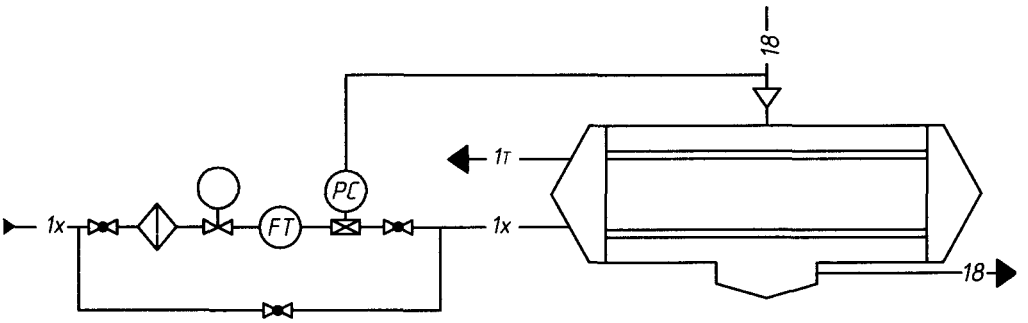



**Рис. 2.57.** *Узел подвода охлаждающей воды к конденсатору*

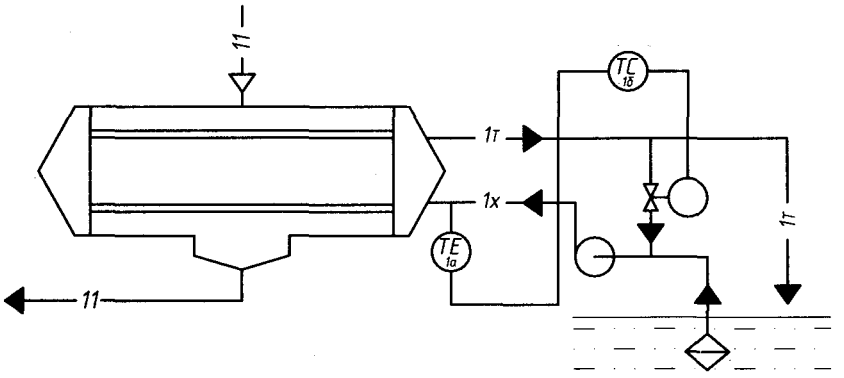



**Рис. 2.58.** Плавное качественное регулирование температуры конденсации подмешиванием отепленной воды

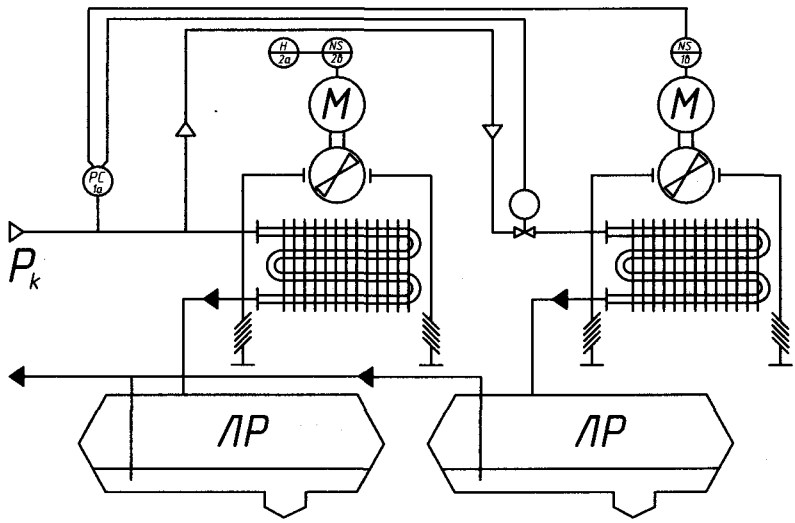



**Рис. 2.59.** Ступенчатое регулирование температуры конденсации в конденсаторе воздушного охлаждения путем изменения площади поверхности теплообмена

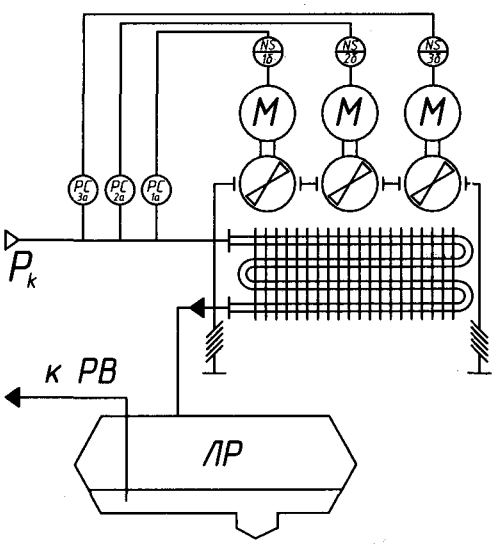



**Рис. 2.60.** Ступенчатое регулирование температуры конденсации в конденсаторе воздушного охлаждения путем изменения числа работающих вентиляторов

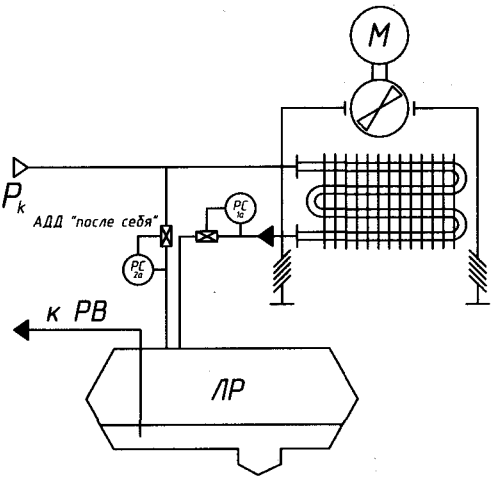



**Рис. 2.61.** Плавное регулирование температуры конденсации в конденсаторе воздушного охлаждения путем изменения площади теплопередающей поверхности

Конденсаторы воздушного охлаждения также требуют регулирования, так как считается, что температура конденсации не должна быть ниже 15 °С (как правило и в зимнее время поддерживают 35–40 или даже 45 °С). Это связано с ухудшением перепада давления на ТРВ при низком давлении конденсации, в связи с чем питание испарителей становится затруднительным. Кроме того, холодный агент, проходя через теплые помещения, может выкипать, также ухудшая питание испарителя; оттаивание горячими парами тоже затрудняется.

Воздушные конденсаторы оборудуются вентиляторами, поэтому ступенчатое регулирование может осуществляться следующими способами:

–изменением числа включенных конденсаторов. Осуществляется посредством отключения клапана СВ, по датчику давления *1а*, с одновременной остановкой вентилятора. Схема показана на рис. 2.59;

–изменением частоты вращения многоскоростного электродвигателя (переключение со звезды на треугольник, регулятором);

–изменением числа включенных в работу вентиляторов (самый распространенный способ), см. рис. 2.60.

Плавное регулирование осуществляют частотными регуляторами, уменьшая или увеличивая обороты двигателя. Так как мощность самых больших двигателей вентиляторов конденсаторов редко превосходит 4–6 кВт, то стоимость частотных регуляторов достаточно быстро окупается за счет экономии электроэнергии и точности поддержания температуры конденсации.

Существует способ плавного регулирования давления конденсации затапливанием части теплообменной поверхности конденсатора, что уменьшает площадь теплообмена. На рис. 2.61, показано как поставленный на линию стока жидкости регулятор «до себя» прикрывается, если давление конденсации падает, например, в зимнее время, создавая препятствие стоку конденсата: поверхность подтапливается и давление повышается. На линии перепуска пара в линейный ресивер устанавливается регулятор «после себя», позволяющий поддерживать в ресивере необходимое давление и не допускающий чрезмерного переохлаждения жидкого холодильного агента. В теплое время года он автоматически закрывается. Это одна из наиболее распространенных в коммерческом холоде систем «зимнего регулирования», с приборами, имеющими марки *KVR+NRD*. Оба они, по сути, являются обратными клапанами с пружинами, срабатывающими при определенном давлении. *KVR* при этом может настраиваться винтом, *NRD* — с жестко заданным давлением срабатывания. Часто на крупных установках на нагнетательную трубу перед конденсатором устанавливают пилотный вентиль, поддерживающий давление конденсации, — так как диаметр *KVR* ограничен, а больше двух параллельно устанавливать нецелесообразно.

## 2.10. Регулирование относительной влажности воздуха в кондиционерах

Для того чтобы контролировать влажность помещения, необходимо регулировать либо влагоприток $W_{пр}$, либо влагоотвод из него $W_{о}$. В кондиционерах влагоотвод регулируется при помощи изменения поверхности охлаждающих приборов, проще говоря, путем выключения части теплообменной поверхности воздухоохладителя. Действительно, на теплообменнике конденсируется из воздуха влага в виде конденсата, таким образом, воздух, проходя через теплообменник, осушается. Если отключать часть секций охлаждения по сигналу датчика влажности, можно регулировать влажность, отводя от воздуха необходимое количество влаги.

На рис. 2.62 показана одна из схем позиционного регулирования влажности в кондиционере. По сигналу датчика влажности *2а*, соленоидный клапан отключает часть охлаждающей секции. Датчик температуры *1а* для регулирования температуры в помещении может подавать сигнал второму соленоидному клапану, который включает в работу всю секцию.

На рис. 2.63 показана схема, характерная для охлаждающих секций с непосредственным кипением. Влажность можно повышать и понижать при помощи изменения температуры теплообменника, изменяя температуру (давление) кипения. Здесь установлен регулятор давления АДД «до себя», который повышает давление кипения и, следовательно, температуру поверхности охлаждающей секции, которая, в свою очередь, отбирает меньше влаги, повышая тем самым влажность в помещении. Соленоидный клапан и датчик температуры, как и в предыдущей схеме, регулируют температуру воздуха в помещении.

Большое распространение получили системы *fancoil,* или воздухоохладители с охлаждением хладоносителем, которые в холодильной технике чаще называют рассольными воздухоохладителями. На рис. 2.64 показано плавное регулирование относительной влажности воздуха в помещении моторным вентилем по сигналу датчика температуры *2а*. В данном случае моторный вентиль плавно регулирует подачу, ввинчивая и вывинчивая шток или открывая и закрывая диск затвора.

Если требуется более точное поддержание температуры и относительной влажности на заданном уровне, необходим воздухоохладитель-кондиционер с увлажнением воздуха, где система регулирования предусматривает компенсацию влияния регулирования влажности и температуры. На рис. 2.65 показан аппарат, в котором осуществляется подача водяного пара, то есть для увлажнения помещения используется влагоприток, мало влияющий

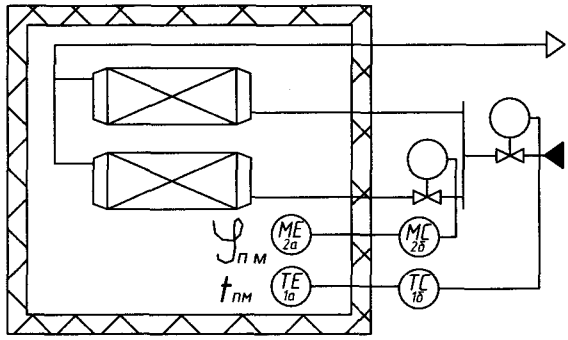



**Рис. 2.62.** Позиционное регулирование относительной влажности воздуха изменением площади теплообменной поверхности охлаждающей секции

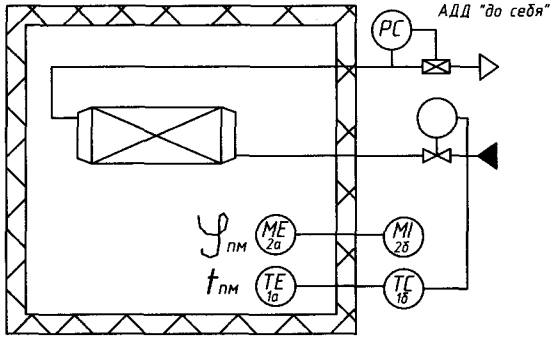



**Рис. 2.63.** Регулирование относительной влажности воздуха изменением температуры теплообменной поверхности охлаждающей секции (температуры кипения) в системах с непосредственным кипением

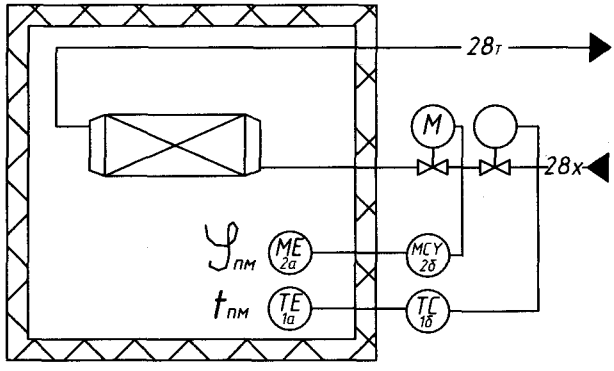



**Рис. 2.64.** Плавное регулирование относительной влажности воздуха изменением расхода хладоносителя (температуры охлаждающей поверхности) в системе охлаждения хладоносителя

на температуру в помещении. Охлаждение, нагрев, увлажнение и осушение регулируются отдельными двухпозиционными регуляторами, при этом датчики одного и того же параметра имеют смещенные уставки. Например для температуры в помещении 2±1 °С и относительной влажности $\varphi_{пм} = 80 \pm 5\%$:

| | 2а | 3а | 1а | 4а |
|---|---|---|---|---|
| Включение | 3 °С | 1 °С | 85% | 75% |
| Выключение | 2 °С | 2 °С | 80% | 80% |

Если температура в помещении повышается до 3 °С, то датчик температуры *2а* открывает соленоидный клапан охладителя *2*. При этом если влажность в помещении падает, датчик влажности *4а* через соленоидный клапан (или инфракрасный испаритель) подаст пар в помещение. При необходимости осушения датчик *1а* включит через соленоидный клапан дополнительную секцию охлаждения *1*. Понижение температуры по датчику *3а* компенсируется включением калорифера *3* с помощью соленоидного клапана.

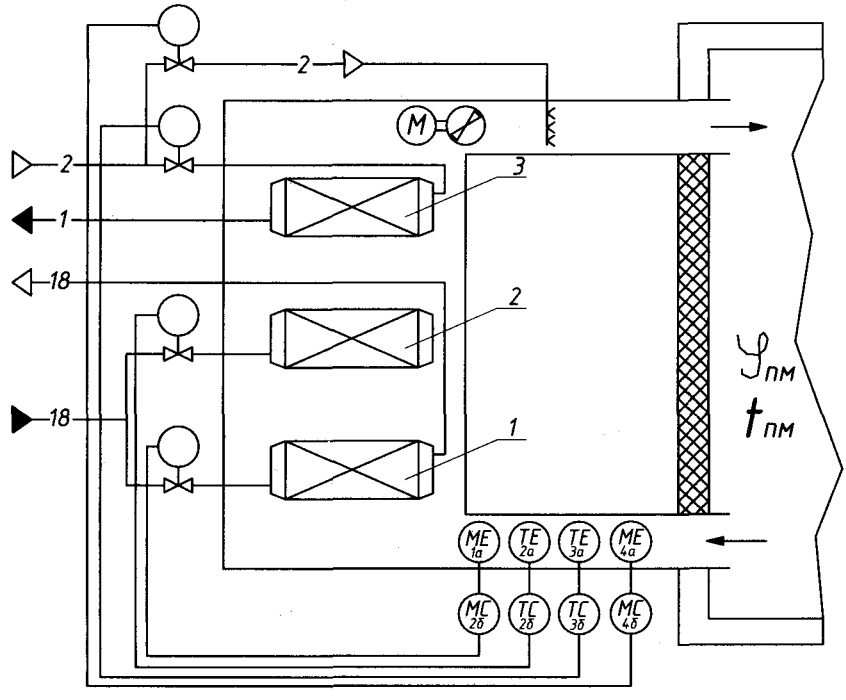



**Рис. 2.65.** Функциональная схема воздухоохладителя-кондиционера

# Глава 3. Автоматизация агрегатов и аппаратов

Если ничто другое не помогает,
прочтите, наконец, инструкцию!
*Аксиома Кана*

В холодильной технике есть ряд распространенных схем обвязки и автоматизации агрегатов и аппаратов. Из различных комбинаций таких приборов можно составлять функциональные схемы автоматизации любого назначения и сложности. Как уже говорилось, существует достаточно простой язык записи назначения и функционирования приборов автоматизации. Далее будет приведен ряд частей функциональных схем автоматизации, выполненных целиком при помощи таких обозначений.

Непосредственно на агрегатах показывают исполнительные механизмы, датчики, имеющие свои цифробуквенные обозначения и номер, соответствующий номеру в таблице, приведенной внизу. Внизу схемы, в таблице, указывают приборы, распределенные по месту установки. Вверху таблицы располагают устройства, установленные в электрощите, — это, как правило, магнитные пускатели. В коммерческом холодильном оборудовании силовой щит и щит автоматизации могут быть объединены в один, поэтому магнитные пускатели обычно указывают в объединенной графе. В промышленных установках силовой щит (или, вернее, щиты) объединить со щитами автоматизации очень сложно. Крупные установки могут иметь десятки разнообразных щитов и другую электроаппаратуру, которая способна оказывать существенное влияние наводками на приборы автоматизации, поэтому, как правило, силовую часть и автоматизацию разделяют.

Затем показывают приборы, установленные по месту, практически дублируя приборы, указанные на принципиальной схеме.

Ниже приводят пульты компрессоров, если таковые имеются. В промышленных установках компрессоров, имеющих собственное управление и активно задействованных в управлении процессами в установке, таких пультов могут быть десятки. В коммерческих холодильных установках компрессором или компрессорами управляет один контроллер, собственные процессоры устанавливают только на промышленные винтовые или поршневые агрегаты.

В самом низу указывают приборы, установленные в щите управления и автоматизации. В таких схемах не показывают множество приборов, указываемое в однолинейных схемах. Однако функциональная схема автоматизации позволяет задавать алгоритм, поэтому она нужна для выработки способа автоматизации и задания для щита автоматизации. Специалистам по КИПиА, непосредственно изготавливающим щиты, такие схемы привыч-

ны и понятны, а задача холодильщиков на основании собственных знаний технологии и автоматизации этой технологии дать при помощи таких схем грамотное задание на щит. Границу в данном вопросе между холодильной техникой, автоматикой и электроснабжением провести сложно, поэтому часто холодильные компании имеют подразделения по сборке щитов, где от персонала требуется знание принципов составления функциональных схем автоматизации.

## 3.1. Защита машин и аппаратов холодильных установок от гидравлических ударов

Прибор, защищаемый
быстродействующим
плавким предохранителем,
сумеет защитить
этот предохранитель,
перегорев первым.
*Законы Клипштейна*

При эксплуатации холодильной установки возможно возникновение аварийных ситуаций, не только угрожающих целостности механизма, но и представляющих опасность для обслуживающего персонала. Для предотвращения подобных случаев используются приборы защиты. Они надежны, быстро реагируют и, как правило, срабатывают однократно. То есть, чтобы снова включить установку, механик должен подойти к прибору и нажать кнопку сброса (*reset*).

Иногда устанавливают реле с автовозвратом, которое не требует ручного нажатия *Reset* после срабатывания: как только контролируемый параметр войдет в норму, реле снова включит установку. Однако такая схема работы имеет один недостаток: причины аварийной ситуации остаются невыясненными, и она может снова повториться, причем в следующий раз с разрушительными последствиями, в то время как при ручном сбросе специалист получает шанс установить причину срабатывания.

При современном уровне развития микропроцессорной техники все аварии и остановы могут быть записаны в журнал — с указанием времени, даты, сработавшего реле и текущих параметров технологического процесса. Это позволяет при осмотре выяснить причину аварии, просмотрев историю предыдущих срабатываний, а также изменение характеристик температуры и давления. Естественно, приборы защиты должны быть оборудованы световой сигнализацией (лампочками, а при особой важности —

проблесковыми маяками). Особо значимые приборы оснащаются звуковой сигнализацией (биперами или ревунами).

Наиболее разрушительны для компрессоров гидравлические удары. При попадании влажного пара и капель поршневые компрессоры начинают «подстукивать», обмерзают патрубки, а в герметичных и полугерметичных компрессорах — корпуса; для винтовых и спиральных компрессоров длительный влажный ход также может быть опасен. Если в пространство между поршнем и клапанами попадет большое количество жидкости (которая, как известно, несжимаема), последствия будут сродни тому, как если бы между поршнем и клапанами вставили лом. В лучшем случае пострадают клапана, шатуны или пальцы, но возможна также поломка в виде задиров зеркала цилиндра, повреждения подшипников и коленвала, даже срыв крышки цилиндров. Многочисленные патентованные системы предотвращения гидроударов в этом случае обычно плохо помогают.

Чтобы избежать гидравлических ударов, требуется правильно подавать холодильный агент в испарители, — этого вполне достаточно для предохранения торговых и коммерческих холодильных установок. В промышленных же установках опасность внезапных выбросов жидкости на всасывание компрессора возникает гораздо чаще, поэтому необходимо тщательно подбирать объем ресиверов и отделителей жидкости и оснащать установки приборами автоматизации.

В средних и крупных безнасосных установках, особенно низкотемпературных, следует устанавливать защитные отделители жидкости перед каждым компрессором или группой компрессоров, работающих на одну температуру кипения. Нередко отделители жидкости бывают предусмотрены и при проектировании малых установок, однако там предохранение от гидроударов производится без приборов автоматизации. Отделитель жидкости может быть как самостоятельным, так и совмещенным с ресивером (иногда в схемах гравитационных чиллеров они также называются «питающим отделителем жидкости»). Отделители жидкости хороши тем, что предотвращают саму возможность попадания жидкости во всасывающий трубопровод. Жидкость, по мере накопления удаляется или паром высокого давления (в этом случае для непрерывной работы требуется два отделителя жидкости) или насосом. Небольшим недостатком такой схемы можно считать двойной набор запорной арматуры, сравнимый по стоимости со стоимостью сосудов.

Отделители жидкости могут быть горизонтальными и вертикальными (рис. 3.1). Через распределительную колонку РК, пар от испарителей поступает в тот защитный ресивер ЗР, который в настоящий момент работает. По линии ПЛ пар всасывается в компрессор, линии подачи пара с нагнетания ОЛ закрыты, пока не наступит время для выдавливания холодильного агента.

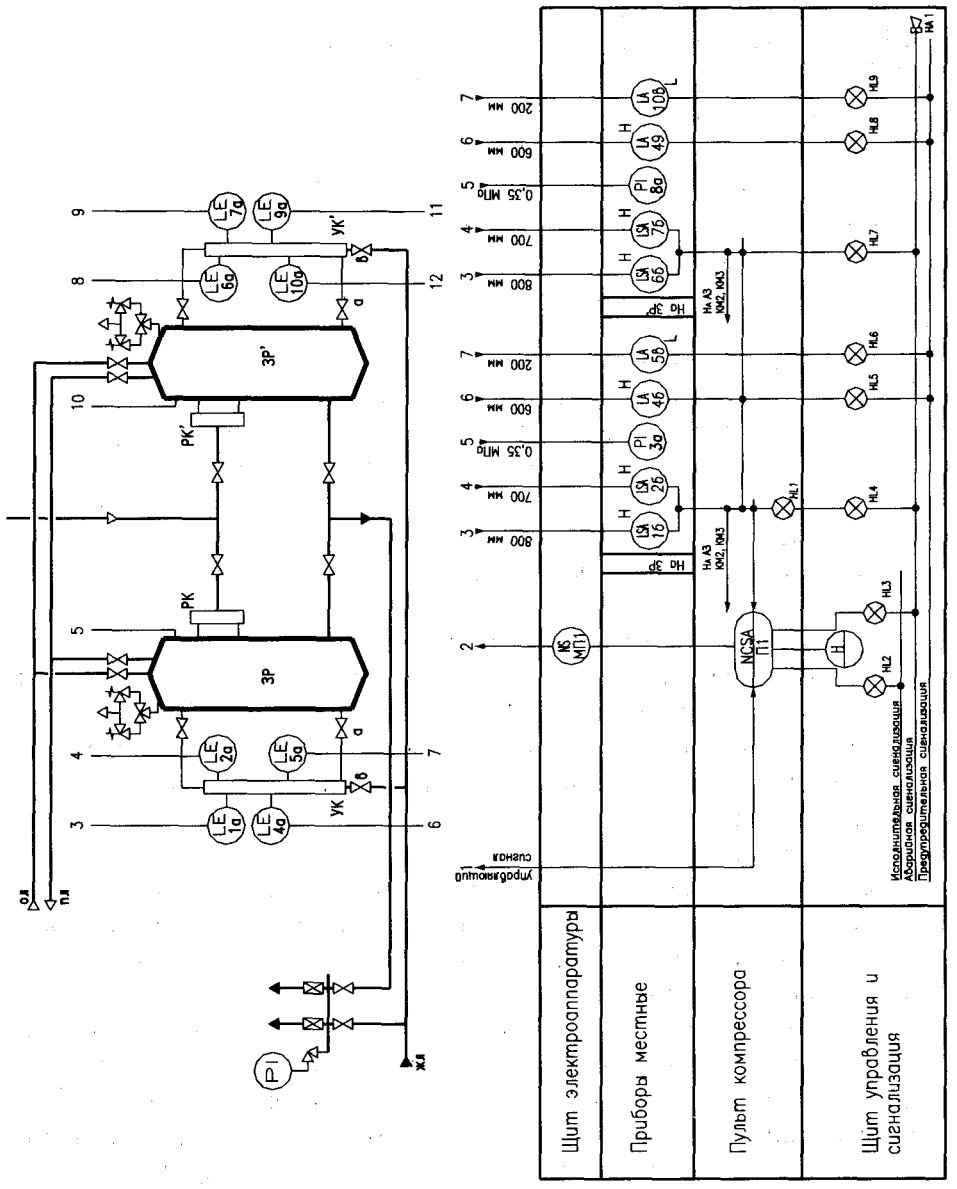



**Рис. 3.1.** Функциональная схема автоматической защиты от гидравлических ударов при безнасосной схеме с применением защитных вертикальных ресиверов

Когда работающий ресивер заполняется на 0,6 высоты сосуда, датчик уровня *4а* дает сигнал, по которому ресивер ставится на выдавливание жидкости. Для этого закрываются вентили у РК и ПЛ, открываются у ОЛ и жидкостной линии для слива ЖЛ. У ЗР' производят противоположные переключения, и он включается в работу: из ЗР через распределительную станцию в испарители выдавливают жидкость. Опорожнение ведут до 0,2 высоты, сигнал на окончание опорожнения дает датчик *5а*. На рисунке показана схема с ручным переключением, однако все клапаны могут иметь приводы и переключаться автоматически.

Если уровень поднимется выше 0,7 высоты сосуда, то датчики *1а* и *2а* дадут сигналы на остановку компрессора. Датчики по правилам безопасности дублируются, но на самом деле, они уже десятки лет являются одними из самых надежных приборов. Современные емкостные датчики уровня, заменяющие сразу несколько датчиков уровня, по правилам требуется дублировать еще двумя аналогичными датчиками, в свою очередь дублирующими друг друга, что увеличивает стоимость установки и никоим образом не способствует росту безопасности работы.

Датчики уровня устанавливают на колонке УК, емкостные датчики вставляются сверху, чувствительным элементом до низа колонки. Так как масло может замерзать и мешать работе датчиков, предусмотрена продувка колонки через вентиль *в*; это необходимо для подачи жидкости под давлением конденсации, заполнения колонки и проверки срабатывания датчиков. Для проверки закрывают вентиль *а* и открывают вентиль *в*. По мере поднятия уровня срабатывают датчики *5а*, *4а*, *2а*, *1а*, что видно на щите или блоке усиления на самом датчике, такие проверки проводят раз в десять дней.

Возможна, однако, ситуация, когда испарители заполнены достаточно или потребность в холоде уменьшается. В таком случае опорожнение сосудов в испарителе замедляется, и возможность влажного хода увеличивается. Во избежание этого производится опорожнение защитных ресиверов в линейный ресивер ЛР, функциональная схема которого показана на рис. 3.2. Применяется насос *Н* (в данном случае шестеренный), имеющий напор выше максимального давления конденсации. При повышении в защитном ресивере уровня до 0,6 высоты сосуда, датчиком *4а* подается сигнал насосу, который работает до достижения уровня в 0,2 высоты сосуда и отключается по сигналу датчика уровня *6а*. Датчики *1а* и *2а* выполняют защитные функции.

В насосных схемах подачи холодильного агента в испарительную систему защита от гидравлических ударов осуществляется в зависимости от типа примененного циркуляционного ресивера. На рис. 3.3 показана функциональная схема автоматизации вертикального циркуляционного ресивера. Датчики уровня *1а* и *2а*, устанавливаются на отметке 0,7 высоты сосуда,

по достижении этого уровня они отключают электродвигатель компрессора. Регулятор уровня, состоящий из датчиков *3а* и *4а* и соленоидного клапана СВ 4, поддерживает рабочий уровень в ресивере. Герметичный насос *11* осуществляет циркуляцию жидкого холодильного агента. Насос запускается немного раньше компрессора, так как пуск компрессора при выключенном насосе невозможен. На жидкостной линии после стояка ресивера на всасывании насоса установлены датчики температуры *6а*, *7а*, *8а*, по которым осуществляется регулирование (например, ступенчатое регулирование холодопроизводительности компрессора). На насосе устанавливается собственная защита — дифференциальное реле давления (реле разности давления) *9а*, показанное отборами *12* и *13*. В случае если насос станет терять напор (отсутствие жидкости в ресивере, утечка, поломка насоса и др.), реле отключит насос. Ранее на линию подачи холодильного агента в испаритель устанавливали расходомер *10а*, но в настоящий момент предпочитают диафрагмы минимального и максимального расхода, о которых мы расскажем далее. Если насос требует смазки, нужно предусмотреть контроль уровня масла в масляном бачке. У ряда герметичных бессмазочных насосов датчик *11а* подает сигнал остановки насоса при недостаточном заполнении жидким холодильным агентом.

При использовании горизонтального циркуляционного ресивера, можно применять вынесенный отделитель жидкости ОЖ с датчиками уровня *1а* и *2а* (рис. 3.4). Питание ресивера осуществляется по сигналам датчиков *6а*, *7а* (предаварийная сигнализация) и *8а*, подача жидкости через соленоидный клапан *4* осуществляется в отделитель жидкости. Датчики *5а* и *4а* — дублированные датчики максимального уровня и аварийного отключения. Максимальный и минимальный уровень на дренажном ресивере контролируют датчики уровня *14а* и *15а*.

## 3.2. Защита компрессоров

Все современные электродвигатели так или иначе защищены от перегрузок. Наиболее простым способом защиты является установка в обмотки электродвигателя термопары, которая отключает электродвигатель при высокой температуре обмоток. Максимально допустимая температура обмоток чаще всего составляет 140° С, поэтому данный способ малоэффективен. Кроме того, небольшие контакты в клеммной коробке часто не подключают, не зная о существовании датчика температуры в обмотке. На домашних герметичных компрессорах устанавливается пускозащитное реле, где имеется биметаллическая пластина, размыкающая контакты, если электродвигатель компрессора начинает перегреваться.

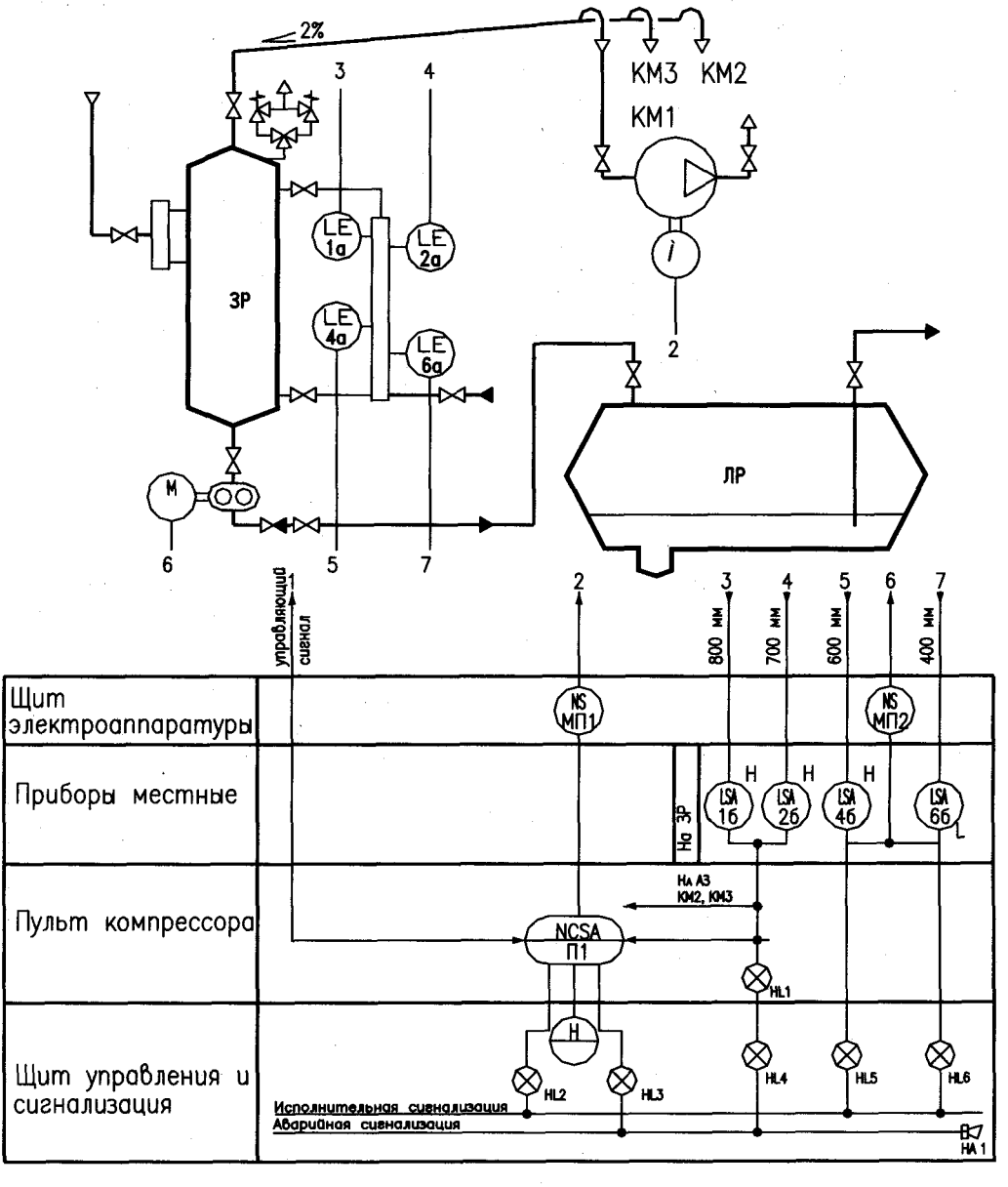



**Рис. 3.2.** Функциональная схема автоматической защиты от гидравлических ударов с удалением жидкости из защитного ресивера в линейный ресивер

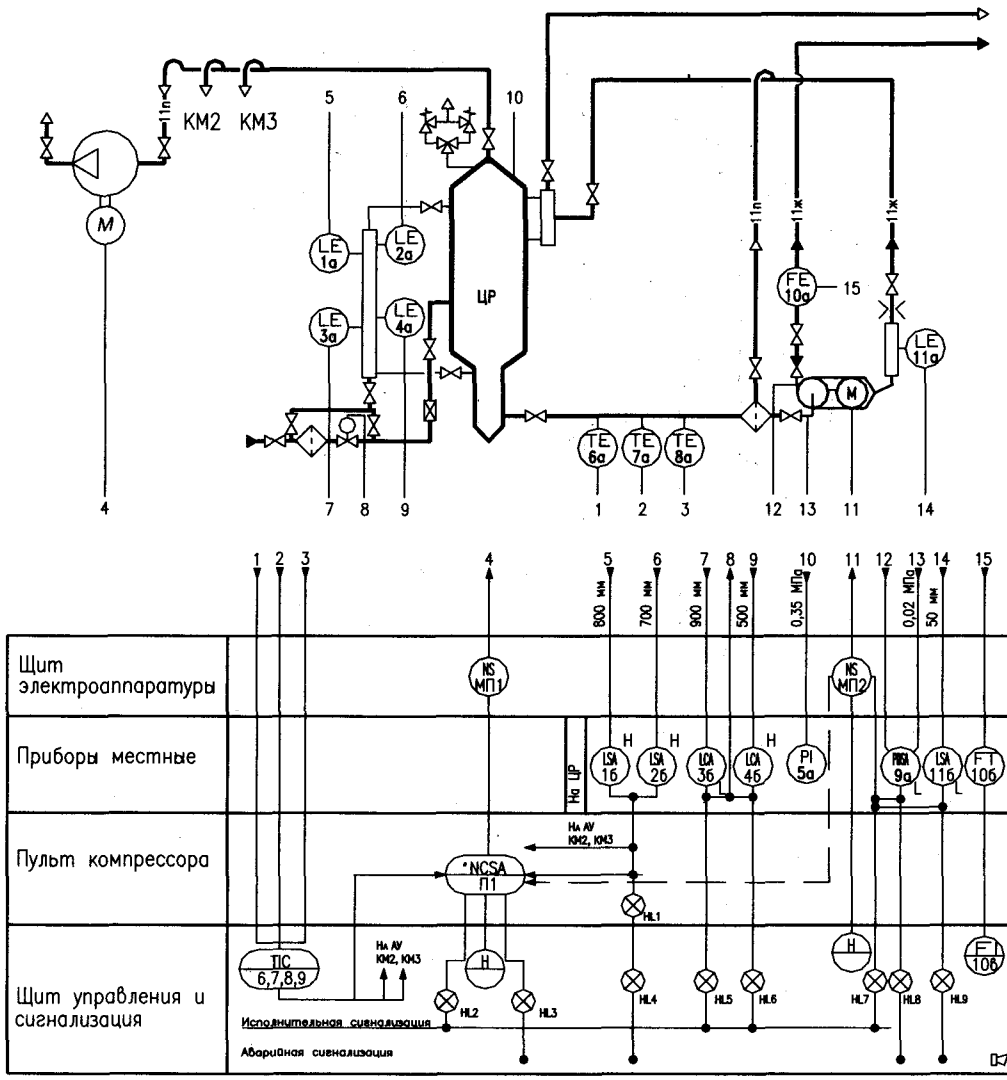



**Рис. 3.3.** Функциональная схема автоматической защиты от гидравлических ударов в насосной схеме с применением вертикального циркуляционного ресивера

Гораздо более надежным является прибор *INT*, защищающий электродвигатель от перекоса и выпадения фаз, повторных пусков, высокой температуры обмоток и, в ряде моделей, от высокой температуры нагнетания. Действительно, часто бывает, что разница между фазами трехфазных двигателей составляет не 220, а 170 или 280 В. Такие существенные перекосы влияют на электродвигатель, особенно в герметичной или полугерметичной

технике, где двигатель находится во фреоново-масляной среде и достаточно малейшего повреждения лака, чтобы он вышел из строя, а по всей системе распространилась трудноудаляемая кислота.

Нередки выпадения фаз, а, как известно, на двух фазах электродвигатель компрессора издает высокий резкий звук и обязательно сгорает, если не сразу, то в скором времени. Еще есть вариант подачи фазы через зануление или даже заземление. *INT* предотвращает такие проблемы, однако отключение по перекосу происходит при 10–11 %, в то время как для крупных предприятий с многочисленными агрегатами, начинающими работать в разное время, перекос может составлять 20 % и более. При длительной работе, когда *INT* срабатывает и отключает компрессор, идет ожидание 5 мин по защите от повторного пуска, компрессор работает в условиях пускового тока 2–3 с, отключается и затем включается на 2–3 с. Если это происходит в течение нескольких месяцев, электродвигатель может сгореть.

Защита от повторного пуска нужна для предотвращения сгорания электродвигателя при высоких пусковых токах. Кроме того, такая защита нужна от «слишком любознательных сотрудников». Часто красивые галогенные лампы и выключатели с подсветкой привлекают малоквалифицированный персонал, часами включающий и выключающий агрегаты. Такой режим разрушает оборудование, а задержка позволит защитить электродвигатели и погасить интерес к агрегату у «любознательных».

Компрессор обязательно должен быть защищен от чрезмерного падения давления всасывания и чрезмерного повышения давления нагнетания. Давление нагнетания может повышаться из-за поломки электродвигателей вентиляторов конденсатора, высокой температуры воздуха, наличия в системе воздуха, переполнения холодильным агентом, пуском с закрытыми вентилями на нагнетании или не снятыми монтажными заглушками.

Реле высокого давления (*HP*) ставят на нагнетательный трубопровод компрессора или непосредственно подсоединенный к компрессору до запорного вентиля в нагнетательную сторону для защиты от чрезмерного повышения давления нагнетания. Делается это для того, чтобы реле высокого давления отключало компрессор при случайном пуске с закрытым вентилем.

Понижение давления всасывания требует еще более тщательной защиты. Пониженное давление всасывания у герметичных и полугерметичных компрессоров может привести к перегреву и повреждению охлаждаемого парами всасываемого холодильного агента электродвигателя. Кроме того, может произойти выброс масла из картера в цилиндр, срыв работы насоса для масла, подсос воздуха через сальник. Для защиты компрессоров от чрезмерного падения давления всасывания на всасывающем трубопроводе (или чаще к стороне низкого давления в компрессоре) устанавливают реле низкого давления (*LP*).

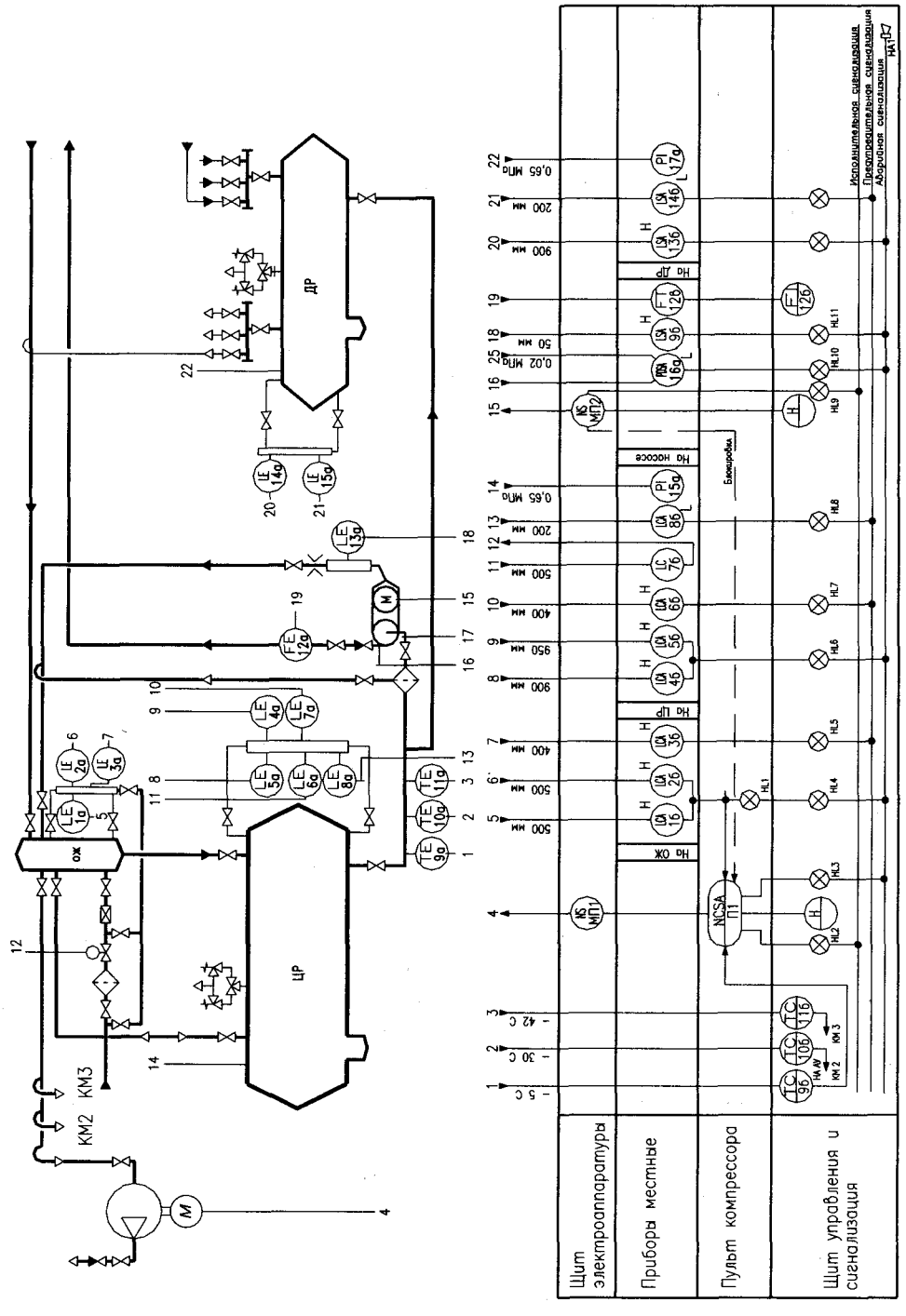



**Рис. 3.4.** Функциональная схема автоматической защиты от гидравлических ударов в насосной схеме с применением горизонтального циркуляционного ресивера

Нередко реле высокого и низкого давления объединяют в одном корпусе для уменьшения стоимости прибора. На рис. 3.5 показана функциональная схема защиты компрессора по давлению всасывания и нагнетания. Как правило, реле настраивают на давление выше рабочего давления нагнетания на 10–15 % (но не выше максимально возможного давления для данного типа компрессора и конденсатора) и ниже на 10–15 % рабочего давления всасывания.

Высокая температура нагнетания может быть вызвана не только высоким давлением конденсации, но и являться следствием перепуска нагнетательных клапанов, поршневых колец или воздуха в системе. Один из самых простых и надежных способов защиты, — задействовать прибор *INT*, установленный в клеммной коробке компрессора. *INT* позволяет отключить компрессор по достижении определенной температуры нагнетательного тракта внутри него (о чем сигнализирует датчик температуры). Датчик температуры может быть также установлен отдельно, на нагнетательной трубе, по его сигналу электродвигатель компрессора останавливается (рис. 3.6). Уставку датчика задают на 10–15 % выше максимальной рабочей температуры нагнетания, однако не выше 135° С для фреоновых и не выше 80° С для аммиачных компрессоров.

Чтобы снизить температуру нагнетания, на всасывание часто подают впрыском жидкий холодильный агент. Это осуществляется при помощи впрыска во всасывающую трубу (рис. 3.6) за 2–3 м до компрессора, либо непосредственно во всасывание полугерметичного компрессора (система *CIC*). На таких системах стоит ограничение по количеству подаваемого жидкого холодильного агента во избежание влажного хода компрессора. Естественно, энергетическая эффективность компрессора при этом страдает, однако такие системы применяют, чтобы избежать аварий фреоновых низкотемпературных компрессоров, где давление нагнетания превышает давление всасывания более чем в 10 раз.

В ряде случаев температуру нагнетания можно незначительно снизить путем обдува блока цилиндров вентилятором, включающимся по датчику температуры или вместе с компрессором. В таблицах или программах подбора низкотемпературных фреоновых компрессоров область температур кипения всегда разделяется на несколько диапазонов:

— диапазон температур, при которых компрессор работает самостоятельно;

— работает только с вентиляторами обдува;

— работает только с впрыском жидкости, а часто и с вентилятором обдува одновременно (самые низкотемпературные области).

Ряд промышленных компрессоров для отвода теплоты от цилиндров и, следовательно, для защиты от чрезмерной температуры нагнетания оборудуется охлаждающей рубашкой, куда подводится вода (рис. 3.7). Для контро-

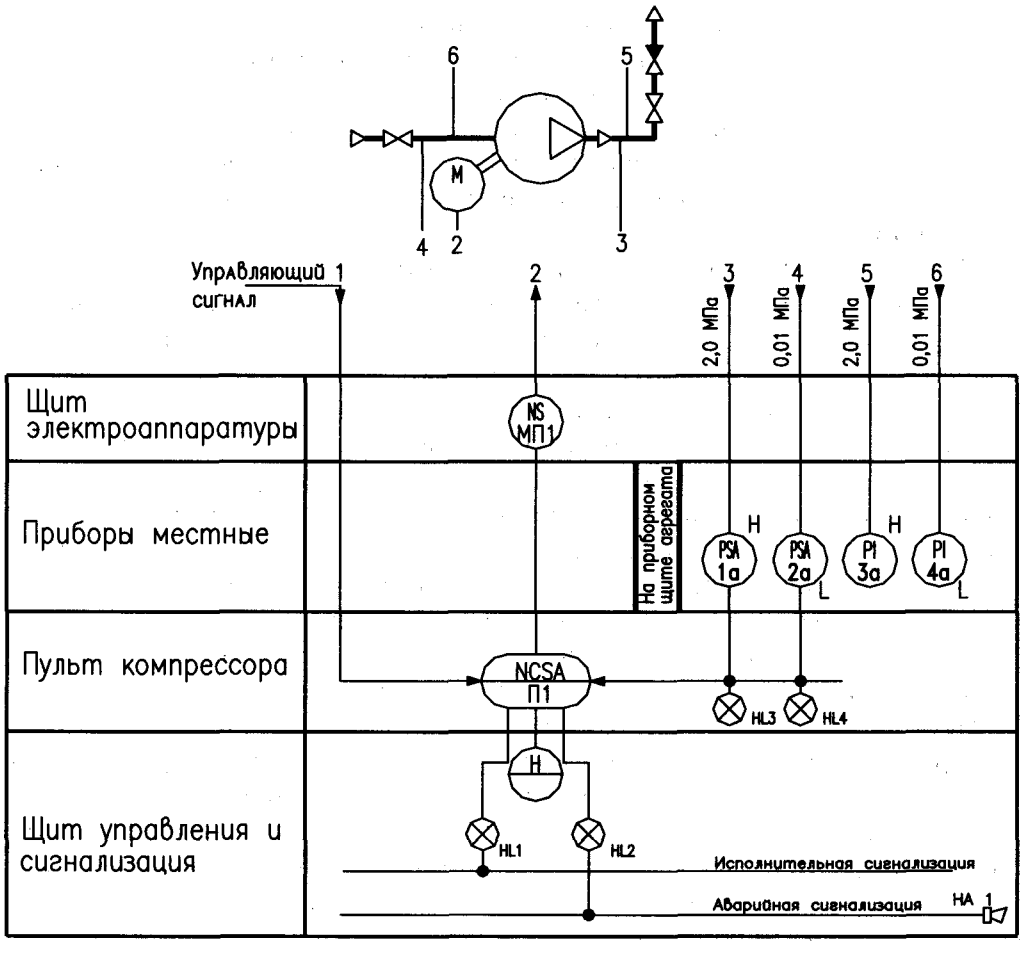



**Рис. 3.5.** Функциональная схема автоматической защиты компрессора от недопустимых значений давления нагнетания и давления всасывания

ля наличия протока в рубашке на обратном трубопроводе устанавливается реле протока *1а*. Реле протока должно реагировать не на отсутствие протока, а на его снижение, для чего следует подобрать соответствующую лопасть, которая подаст сигнал на отключение компрессора при протоке равном 30% от необходимого. Для перекрытия потока при остановке компрессора применяют соленоидные клапаны, открывающиеся при включении компрессора и закрывающиеся при выключении. Так как непосредственно при открытии клапана проток отсутствует, и реле протока будет срабатывать сразу, необходимо с помощью реле времени установить задержку 10–20 с.

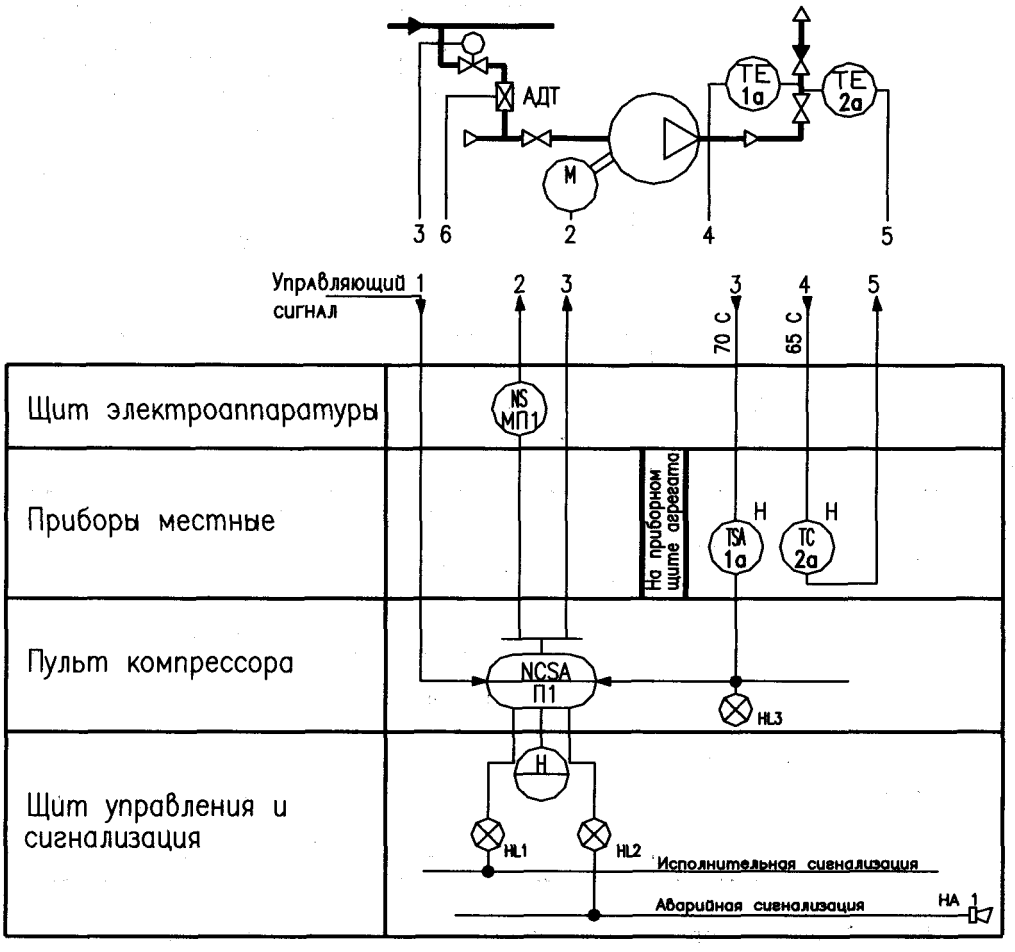



**Рис. 3.6.** Функциональная схема автоматической защиты компрессора от недопустимого повышения температуры нагнетаемого пара

Отсутствие масла в компрессоре приводит к повышенному трению, и, в результате, к выходу из строя подшипников, шатунов и пальцев. Многие компрессоры смазываются методом масляного тумана или разбрызгивания, но некоторые крупные коммерческие и все промышленные поршневые компрессоры имеют встроенные или внешние насосы для масла. Они могут быть шестеренными, с приводом от коленвала компрессора, либо могут иметь собственный электродвигатель. Так как насос создает напор, то перепад давления нужно контролировать на всасывании насоса и его нагнетании, если перепада нет, следовательно, насос не работает и компрессор нужно отклю-

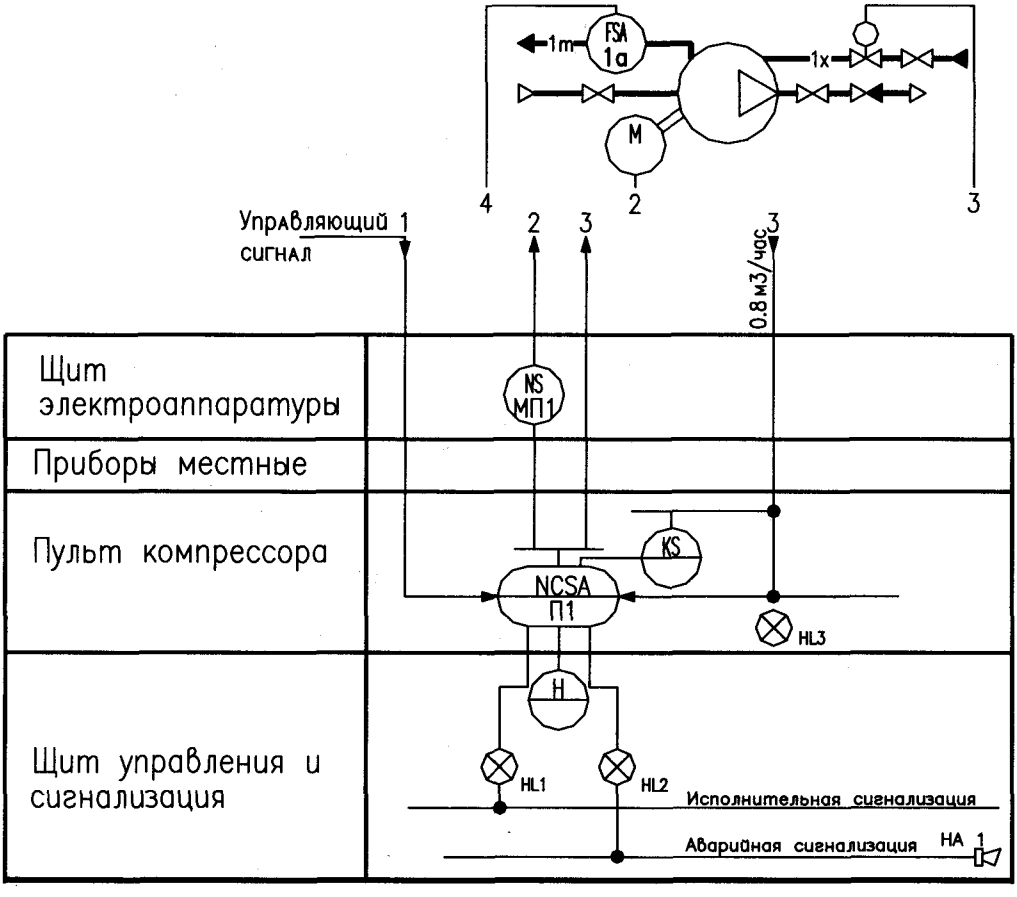



**Рис. 3.7.** Функциональная схема автоматической защиты компрессора от недостаточной подачи воды в охлаждающую рубашку

чить. На рис. 3.8 показана схема установки реле контроля смазки (часто его называют РКС) или дифференциального реле давления *1а*. Разность давлений в системе может составлять от 0,8 до 2,5 бар в зависимости от типа компрессора. Если разность давления снижается до 0,65 бар (или на 10–15 % ниже рабочей разности давлений, но не ниже 0,5 бар), сигнал реле отключает компрессор. Реле могут настраиваться на разность от 0,3 до 4,5 бар, но могут иметь фиксированную настройку на 0,65 бар.

Так как насос не может сразу создать давление масла, нужно предусмотреть задержку по времени: 45, 60 (как правило), 90 или 120 с.

## 3.3. Защита испарителя от замерзания хладоносителя

При использовании в качестве хладоносителя «ледяной воды» или слабых растворов гликолей всегда существует опасность замерзания их в испарителе. Кожухотрубные и пластинчатые разборные испарители могут выдержать с минимальными повреждениями 1–2 замораживания, однако, как правило, их число достигает 8–10, что естественно приводит к разрыву трубок, выдавливанию и разрыву уплотнительных прокладок, к попаданию в систему холодильного агента хладоносителя и холодильного агента в хладоноситель (что особенно опасно при использовании аммиака). Причинами могут быть

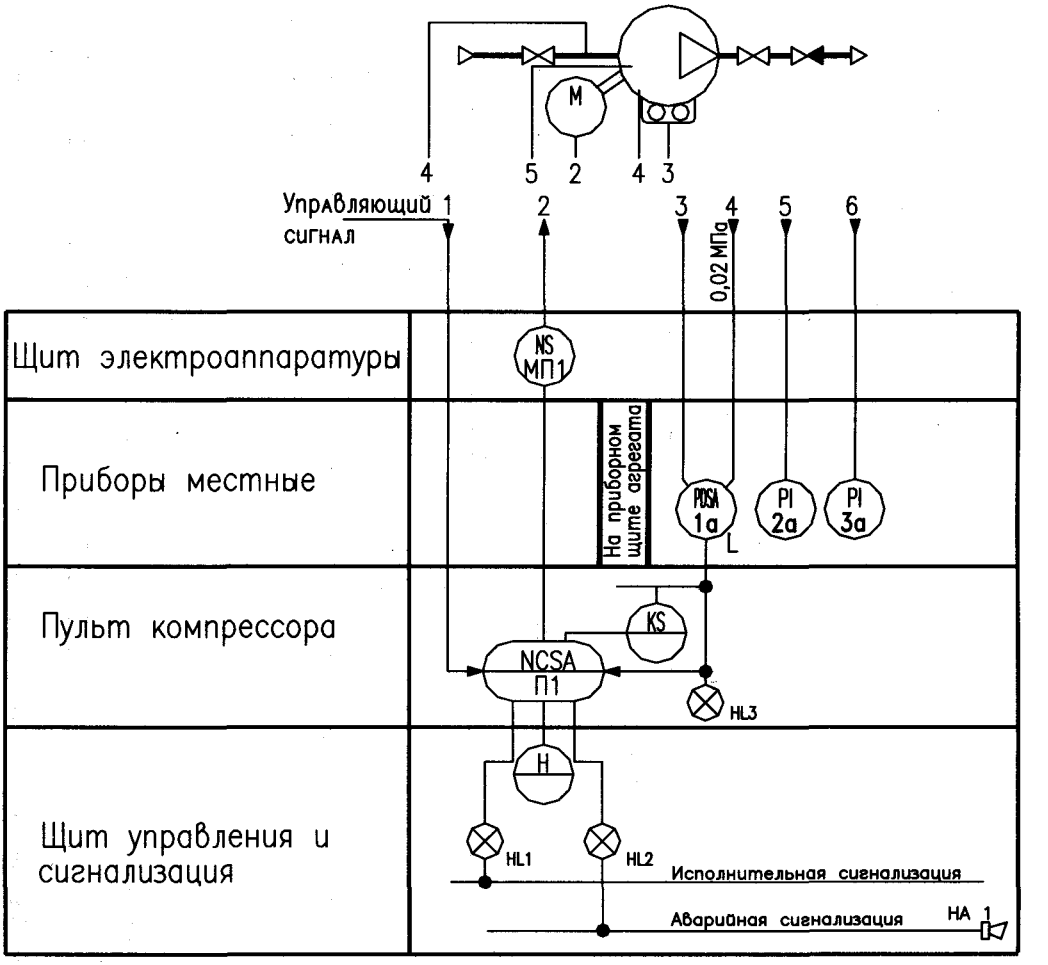



**Рис. 3.8.** Функциональная схема автоматической защиты компрессора от нарушений в системе смазывания

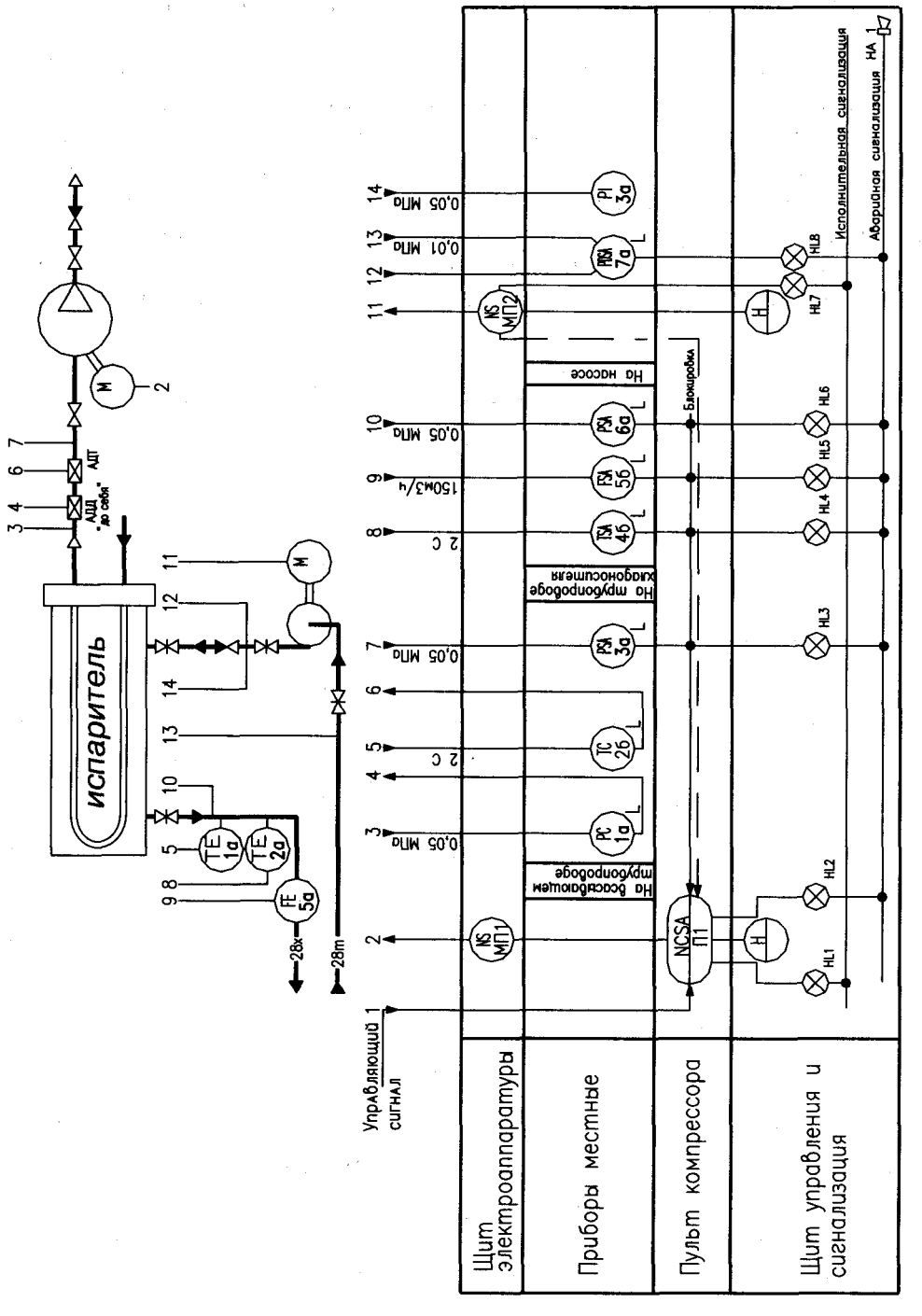



**Рис. 3.9.** Функциональная схема автоматической защиты компрессора от замерзания хладоносителя в испарителе

снижение давления кипения при снижении тепловой нагрузки или включении дополнительных компрессоров, деконцентрация соли в хладоносителе (рассолах) или неправильное приготовление гликолей, недостаточная циркуляция хладоносителя.

На рис. 3.9 показана функциональная схема автоматизации защиты испарителя от замерзания. Как правило, достаточно одного из представленных способов, но изготовители стремятся максимально оградить оборудование от повреждений и устанавливают дублирующие системы, тем самым страхуясь от гарантийных претензий и последствий неквалифицированной эксплуатации. Приборы автоматизации очень дешевы по сравнению со стоимостью испарителя и работами по его замене.

Применяемые способы защиты:

–ограничение температуры (давления) кипения (датчики давления *1а* и *3а*);

–ограничение понижения температуры хладоносителя (датчики температуры *2а* и *4а*);

–контроль протока через испаритель (реле протока *5а*).

В одноиспарительных системах можно защищать испаритель остановкой компрессора по сигналу датчиков давления, температуры или реле протока, в многоиспарительных — регулированием температуры кипения по сигналу датчиков давления или температуры. Насос запускается раньше компрессора, реле протока должно иметь задержку на отключение.

Как правило, реле протока и датчиков температуры хладоносителя достаточно для защиты испарителя. Иногда для дублирования реле протока между входом и выходом испарителя устанавливают дифференциальное реле давления.

## 3.4. Защита линейного ресивера

Линейный ресивер должен быть защищен от переполнения. В коммерческих или торговых холодильных установках, как правило, заправка известна, поэтому единственный ресивер переполниться не может. В промышленных холодильных установках линейный ресивер от переполнения свыше 80% защищает датчик уровня *2а*, показанный на рис. 3.10. Нежелательно и падение уровня, что указывает на переполнение системы или на скопление в испарительной системе (предшествующее гидроудару). Кроме того, из линейного ресивера питается термосифонный ресивер, или раздача происходит непосредственно из линейного, поэтому отсутствие жидкого холодильного агента приведет к повышению температуры масла на компрессорах и последующему аварийному отключению.

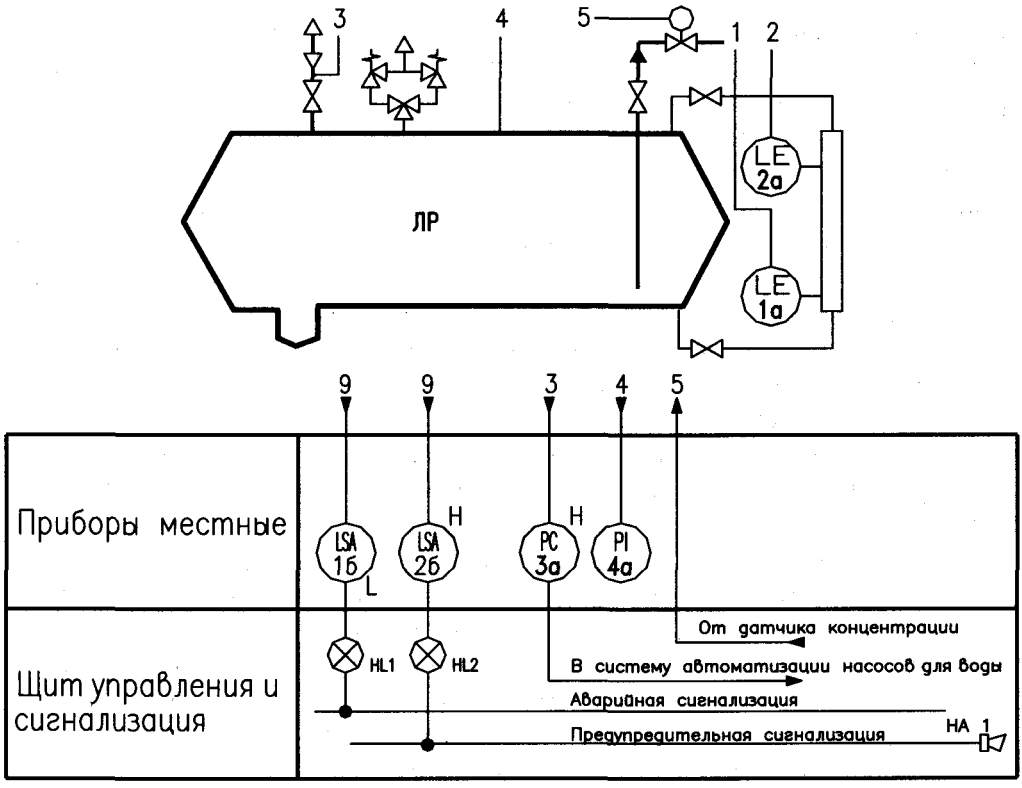



Рис. 3.10. Функциональная схема автоматической защиты линейного ресивера

Для предотвращения такой ситуации установлен датчик уровня *1а*, сигнализирующий о 20%-ном заполнении сосуда. В уравнительной линии, соединяющей паровое пространство конденсатора и линейного ресивера, может быть установлен датчик давления *3а*, по сигналу которого регулируется подача насосами воды для охлаждения конденсатора. Дополнительно на линии подачи жидкого холодильного агента на циркуляционный ресивер или в испарители устанавливается отсечной клапан (требование нормативных правил), закрывающийся при аварийных ситуациях.

## 3.5. Защита от недопустимой концентрации аммиака в воздухе помещений

Согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации холодильных установок» аммиачные холодильные установки обязательно должны иметь систему контроля над содержанием аммиака в воздухе. Для этого используют датчики, разрешенные к применению, однако малонадежные.

Принцип их действия основан на изменении проводимости тока при попадании в воздух посторонних примесей.

Применяют также более дорогие, но и более точные электромеханические датчики, максимальный срок службы которых — 2 года (при утечках аммиака — несколько месяцев). Полупроводниковые датчики дешевы, долговечны, но не обладают избирательностью при загазованности атмосферы: их нужно снабжать фильтрами, задавать инерционность и калибровать на определенный холодильный агент.

Каталитические датчики дешевы, служат до 5 лет, устойчивы к помехам, однако не слишком устойчивы к действию аммиака.

Инфракрасные датчики дорогие и очень точные, но при загазованности помещения несколькими газами работают неустойчиво.

Все датчики приходится заводить на блоки управления, число которых доходит до 10, так как количество датчиков может превышать 100, а 1 блок воспринимает, максимум, 16–33 датчика. Некоторые датчики имеют дисплей, показывающий текущий уровень содержания холодильного агента в воздухе помещений.

Как правило, датчики устанавливают над группой аппаратов, где может произойти утечка, в особо ответственных случаях каждый агрегат или аппарат оснащается датчиками. Поскольку аммиачные холодильные установки могут быть довольно большой длины, следует устанавливать датчики так, чтобы сократить кабельные трассы к ним (на 75–100 м$^2$ площади помещения 1 датчик концентрации).

По правилам, датчики концентрации аммиака должны срабатывать уже при концентрации аммиака в помещении $ПДК_{р.з}$ равной 20 мг/м$^3$ (опасно для жизни людей), см. рис. 3.11 датчик *1а*. При этом происходит включение в помещении управления (помещении обслуживающего персонала) предупредительной световой и звуковой сигнализации и общеобменной вентиляции (2–3 объема помещения в час) в машинном, аппаратном и конденсаторном отделениях.

Затем в помещении управления срабатывает световая и звуковая сигнализация «Превышение уровня ПДК» а также аварийная вентиляция (при концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны машинного, аппаратного и конденсаторного отделений свыше 3 $ПДК_{р.з}$ (60 мг/м$^3$), датчик *2а*). При понижении текущего значения концентрации ниже уровня 3 $ПДК_{р.з}$ (60 мг/м$^3$) и $ПДК_{р.з}$ (20 мг/м$^3$) происходит возврат всех систем в исходное состояние, без отключения общеобменной вентиляции.

При превышении концентрации аммиака у мест установки датчиков в помещениях машинного, аппаратного и конденсаторных отделений величины концентрации, равной 500 мг/м$^3$ (25 $ПДК_{р.з}$), по сигналу датчика *3б* происходит включение в помещении управления предупредительной световой

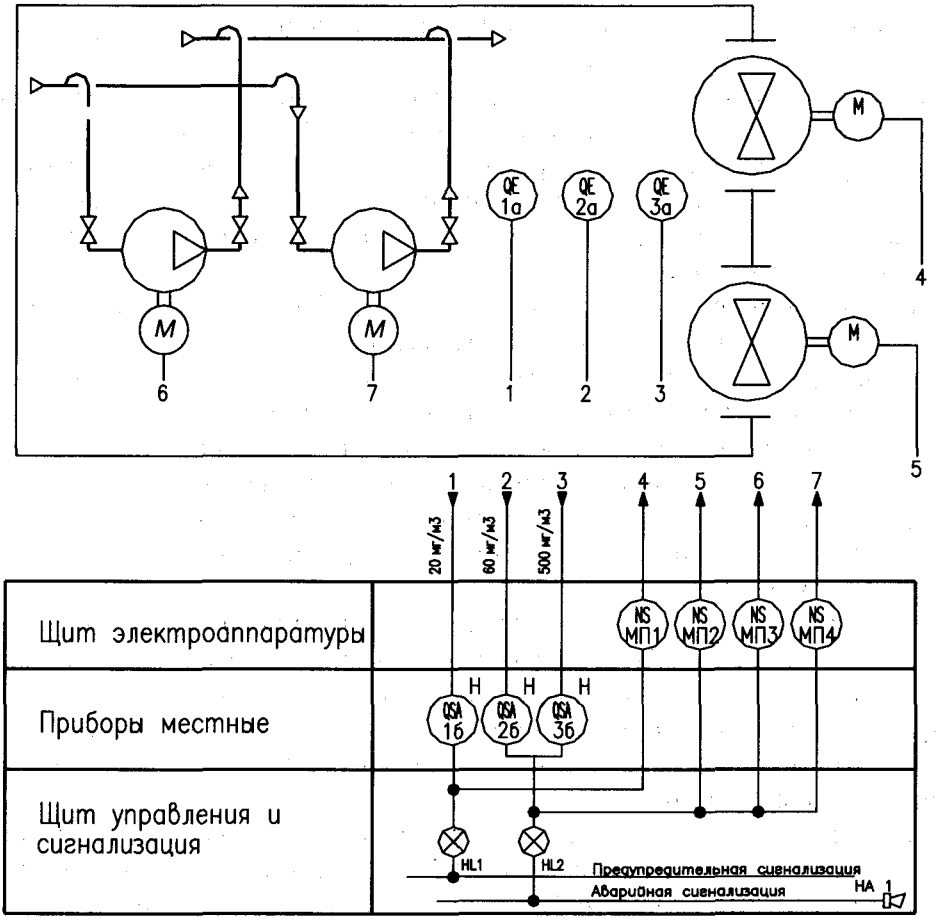



**Рис. 3.11.** Функциональная схема автоматической защиты от недопустимой концентрации аммиака в воздухе

и звуковой сигнализации «Авария», технических средств системы локализации аварии, системы оповещения на объекте, отключение аммиачного оборудования, закрытие отсечных клапанов на линиях от линейного ресивера к циркуляционным ресиверам.

Система контроля уровня загазованности относится к электроприемникам I категории по обеспечению надежности электроснабжения в соответствии с ПУЭ. При отсутствии на объекте второго независимого источника электроснабжения необходимо использовать станции автоматического резервного питания, снабженные аккумуляторными батареями,

Фреоновые холодильные установки на судах также оборудуются системами газоанализации с целью быстрого предотвращения утечек.

## 3.6. Автоматическая сигнализация

Автоматическая сигнализация делится на три вида: предупредительная, аварийная и исполнительная.

Предупредительная сигнализация предназначена для сообщения персоналу о приближении контролируемых параметров к предельному значению. Это важно для многочисленных производств, где незначительные отклонения температурного режима приводят к многотонному браку. Применяют этот вид автоматизации в промышленных холодильных установках и коммерческих установках верхнего сегмента.

Аварийная сигнализация сразу после срабатывания сообщает об аварийном отключении агрегата (аппарата) приборами защиты с указанием причины остановки. Такая сигнализация характерна для всех видов холодильного оборудования, даже для ряда бытовых холодильников и торгового оборудования.

Исполнительная сигнализация информирует о срабатывании приборов автоматизации по заданному алгоритму и позволяет видеть текущее состояние приборов и агрегатов (включен/отключен компрессор, насос, вентилятор; закрыт/открыт соленоидный или моторный клапан). Такая сигнализация также характерна для всех видов холодильных установок, включая многие бытовые холодильники.

Как правило, сигнал подается лампами на щите автоматизации. Этот вид сигнализации наиболее распространен на холодильных установках. На лампы следует нанести маркировку соответствия тому или иному агрегату. Холодильные установки с выходом на компьютер подключаются к промышленному компьютеру с монитором или системой удаленного доступа. На схеме холодильной установки (мнемосхеме) цветом и миганием отмечается тот участок или элемент установки, который подлежит оснащению сигнализацией; могут также использоваться значки, например стрелка (для указания направления протока) или вращающийся вентилятор (показывает работает/не работает тот или иной элемент). На установках, системы управления которыми собирались в 70–90-х годах XX века, есть так называемые мнемосхемы, где на щите изображена схема холодильной установки, а рядом с каждым агрегатом или прибором вставлены лампы, зажигающиеся при различных режимах работы. Сигнал может быть звуковым (бипер, ревунок) и комбинированным: световым и звуковым одновременно.

Красный цвет традиционно указывает на аварию, например: «давление масла», «несфазированное подключение» и т.д. Часто можно увидеть мигающие лампы красного цвета. Желтый цвет является сигналом предаварийной ситуации, например: «максимальный уровень в отделителе жидкости», «максимальная температура масла». Зеленый цвет характерен для исполни-

тельной сигнализации, например: «пуск насоса», «клапан включен». Не следует использовать слишком много ламп исполнительной сигнализации, их обилие может мешать восприятию. Не следует также все сигналы об аварии выводить на одну общую лампу, так как это затрудняет анализ проблем. Следует разделять аварийные ситуации, связанные с электросетью, давлением и температурой.

Холодильные камеры с температурой 0° С и ниже должны оборудоваться сигнализацией «человек в камере». Световой и звуковой сигналы «Человек в камере» должны поступать в помещение с постоянно дежурящим персоналом (диспетчерская, операторская, проходная). Световое табло «Человек в камере» должно загораться снаружи над дверью камеры, в которой находится человек.

Устройства для подачи сигнала из камеры, защищенные от повреждений, должны размещаться внутри, справа у выхода из камеры, на высоте не более 0,5 м от пола. Их нужно обозначать светящимися указателями с предупреждением о недопустимости загромождения их грузами. Внутри охлаждаемых камер должны быть постоянно включен светильник, освещающий двери и устройства (кнопки) сигнализации «Человек в камере». Светильник следует устанавливать внутри у выходной двери, справа, над кнопкой тревожной сигнализации.

## 3.7. Автоматическое управление

Это из важнейших направлений автоматизации производственных процессов, позволяющее проводить комплексную и полную автоматизацию холодильных установок.

### 3.7.1. Пуск и остановка одноступенчатого поршневого компрессора

Автоматическое управление при пуске компрессора решает три задачи: облегчает пуск электродвигателя (дизельного двигателя), выполняет вспомогательные операции и защищает компрессор от гидравлического удара.

Компрессоры малой производительности с мощностью электродвигателя до 30 кВт, как правило, не оборудованы внешними устройствами для облегчения запуска электродвигателя. На рис. 3.5 показана функциональная схема компрессора, характерная для небольших компрессоров. Электродвигатель *2*, получая сигнал от датчика давления *1* о превышении температуры в охлаждаемом объеме заданного предела, запускается магнитным пускателем МП1

с пульта П1. Небольшие компрессоры могут иметь ряд конструктивных решений, позволяющих облегчить запуск электродвигателя: например, возможность выравнивания давления кипения и конденсации в контуре холодильного агента, для запуска компрессора с минимальным перепадом давления или перепуск в корпусе компрессора, также выравнивающий давления.

Как правило, все современные электродвигатели являются двухобмоточными, с переключением со «звезды» на «треугольник».

Чтобы облегчить пуск электродвигателя, на компрессорах, начиная с агрегатов коммерческих серий, используют пусковой байпас, показанный на рис. 3.12. Регулятор давления кипения *1а* подает сигнал, и магнитный пускатель запускает электродвигатель *2*. Перед этим соленоидный клапан СВ открывается, и компрессор запускается на холостом ходу. Для предотвращения перетекания пара с нагнетательной стороны на всасыва-

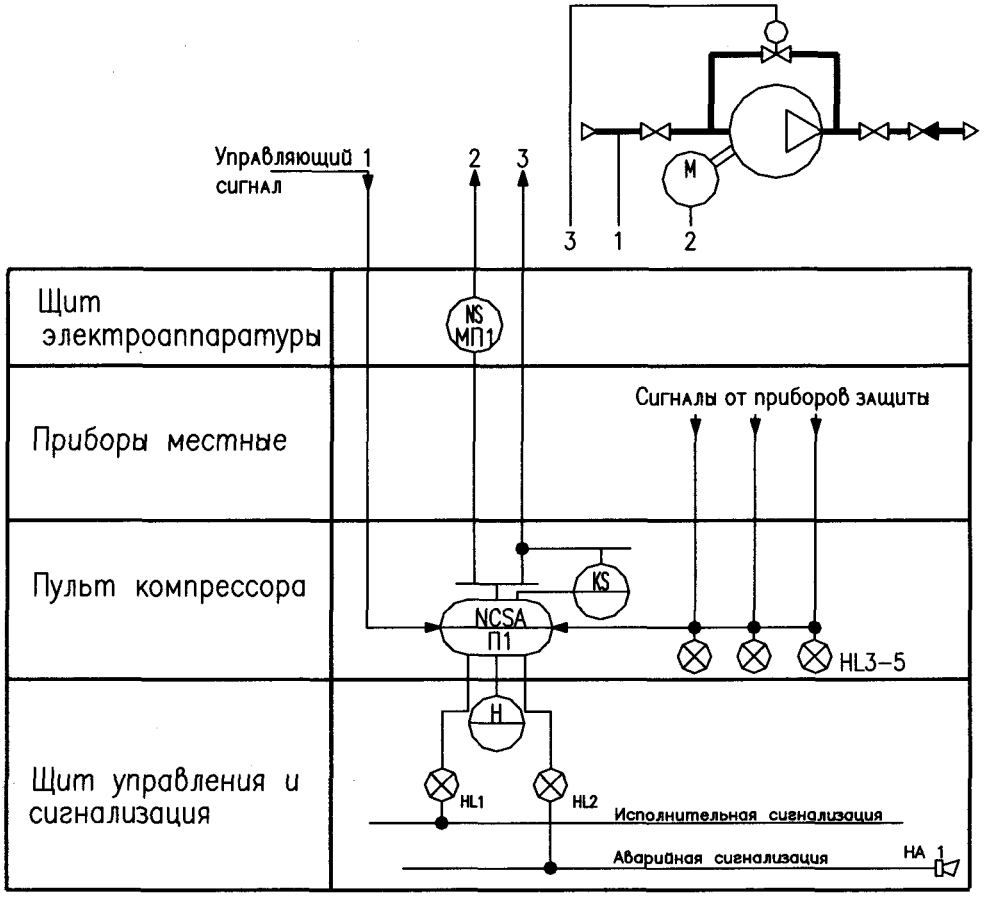



**Рис. 3.12.** Функциональная схема пуска компрессора с пусковым байпасом

ющую на нагнетательной стороне компрессора ставится обратный клапан ОК. Через 10–15 с, когда компрессор развивает свои номинальные обороты, байпас закрывается.

В поршневых компрессорах возможен отжим пластин всасывающих клапанов, см. рис. 3.13. При остановке компрессора — либо перед самым пуском по сигналу датчика *1а* — пластины всасывающих клапанов отжимаются электромагнитными приводами ЭМ1 и ЭМ2. Приводы выключаются и возвращают клапаны на место через 10–15 с после пуска.

Можно осуществлять отжим клапанов с помощью гидравлических устройств, отвечающих за смазывание самого компрессора. В этом случае при пуске компрессора подпружиненные клапаны открыты, а после запуска насос для масла создает необходимое давление и клапаны закрываются.

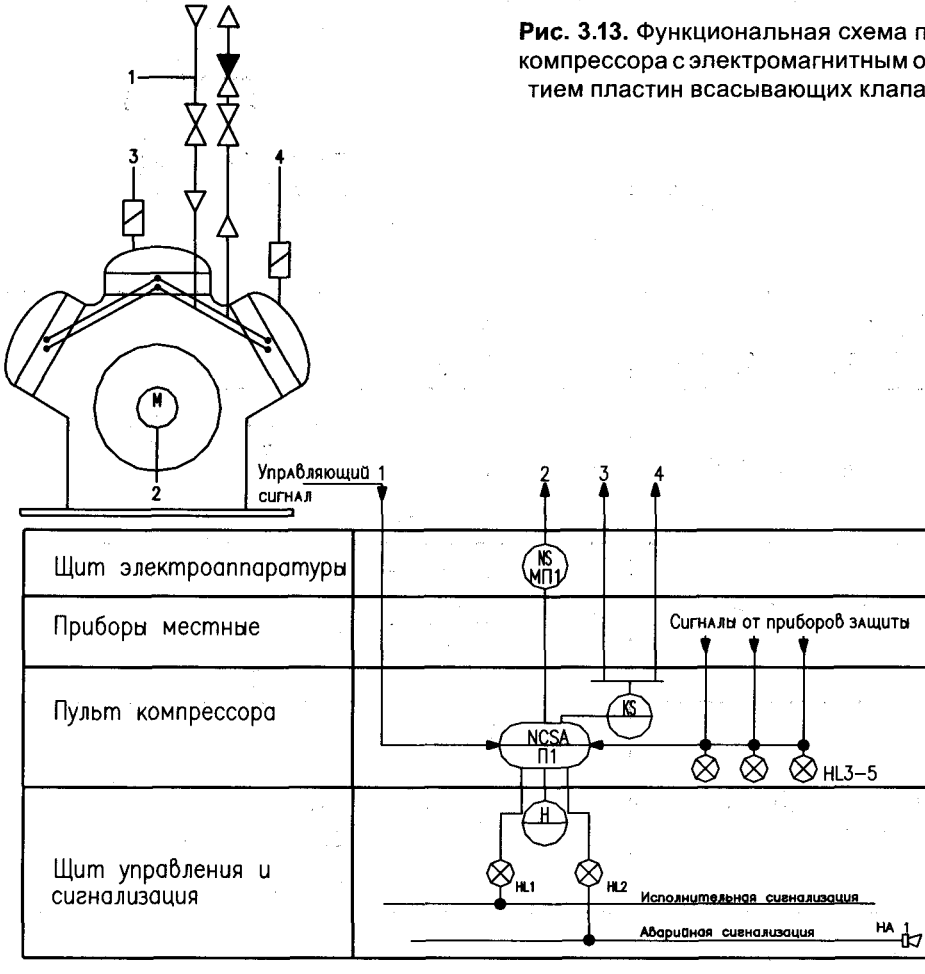



**Рис. 3.13.** Функциональная схема пуска компрессора с электромагнитным отжатием пластин всасывающих клапанов

### 3.7.2. Пуск и остановка двухступенчатого поршневого компрессора

Основной задачей при пуске двухступенчатого компрессора является защита высокой ступени от гидравлического удара, происходящего из-за вскипания жидкости в промсосуде. Так как объем парового пространства в сосуде невелик, то при включении компрессора происходит резкое вскипание жидкости и выброс во всасывающий патрубок. Для предотвращения такой ситуации, сторона низкого давления и паровое пространство промсосуда соединяются, как показано на рис. 3.14. Соленоидный клапан *CB1* при остановке компрессора открывается и перепускает пар во всасывающую линию до защитного отделителя жидкости ЗОЖ (в насосных схемах — до циркуляционного ресивера). Этот же байпас является разгрузочным для ступени низкого давления СНД, облегчая пуск электродвигателя ступени низкого давления.

Так как исправность *CB1* имеет большое значение, то контроль за работой соленоидного клапана осуществляет дифференциальное реле давления *8a*. Компрессор в таком случае не запускается, так как если на входе и выходе соленоидного клапана присутствует разность давления, он закрыт.

На рисунке показан одновременный пуск обоих ступеней, электродвигатели компрессоров запускаются по сигналу датчика *1a* и через 10–20 с закрываются байпасные соленоидные клапаны *CB1* и *CB2*. Соленоидный клапан *CB4* запускается одновременно с компрессором, датчик уровня *6a* управляет соленоидным клапаном *CB3*, подающим жидкий холодильный агент в промсосуд. Ступень высокого давления защищается от гидравлического удара датчиками уровня *4a* и *5a*, которые при достижении опасного уровня в промежуточном сосуде ПС отключают обе ступени.

## 3.8. Управление насосами

У насосов холодильного агента есть несколько особенностей. Большинство современных насосов герметичны и очень просты в эксплуатации, но имеют крайне сложную конструкцию. Электродвигатель находится внутри герметичного корпуса и охлаждается жидким холодильным агентом, в отличие от компрессоров, охлаждаемых парами. При недостаточном протоке холодильного агента электродвигатель может перегреваться и со временем выйти из строя, поэтому производители комплектуют насос диафрагмами максимальной производительностью $Q_{max}$ и минимальной — $Q_{min}$.

Если большая часть испарительной системы в данный момент не нуждается в подаче холодильного агента, но циркуляция необходима, на нагнета-

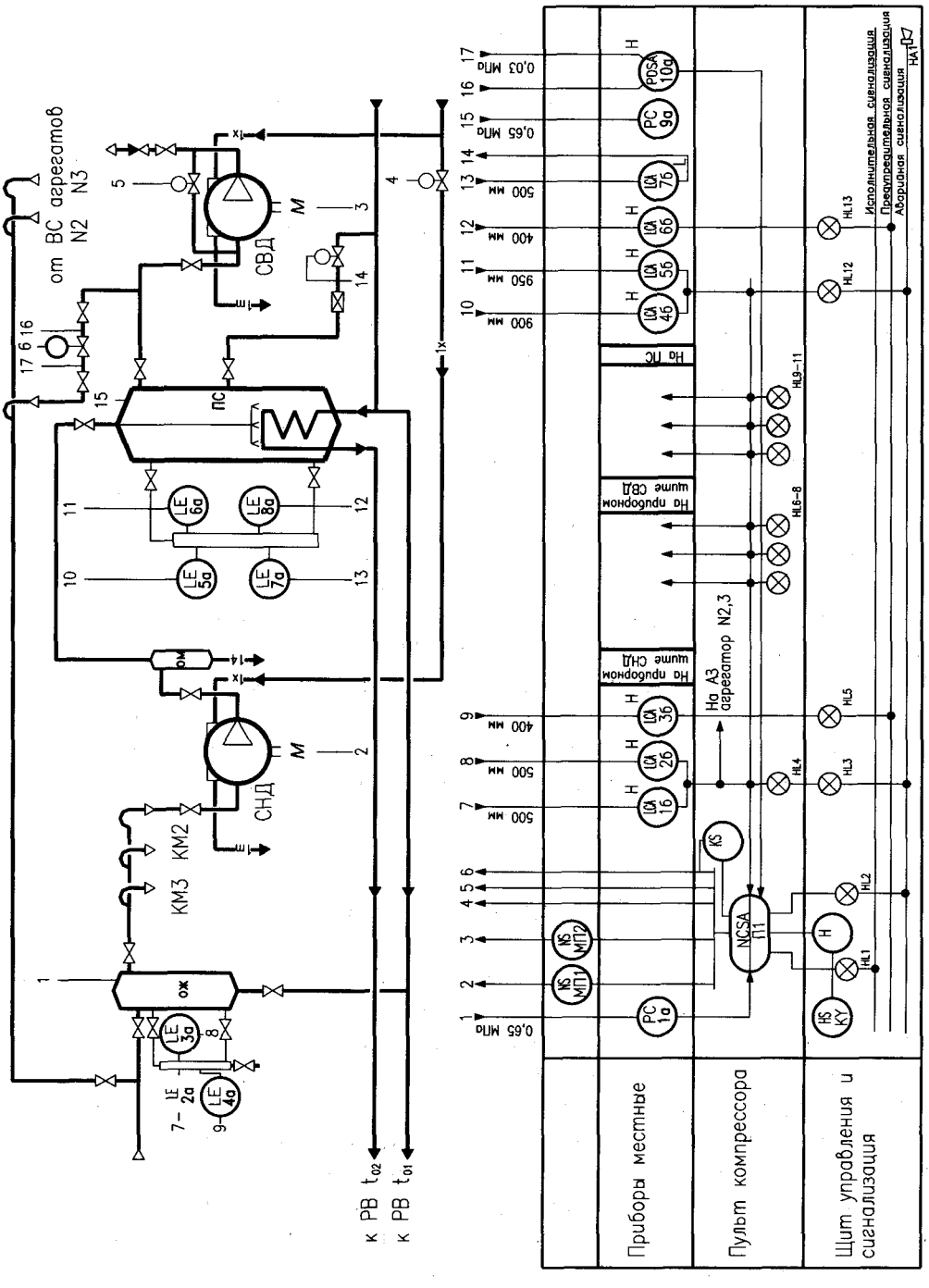



**Рис. 3.14.** Функциональная схема автоматического управления двухступенчатым компрессорным агрегатом

нии насоса (рис. 3.15) устанавливается диафрагма минимальной производительности. Через нее проходит минимальный поток жидкости, достаточный для охлаждения электродвигателя. Также для калибровки подачи насоса под испарительную систему устанавливают диафрагму максимальной производительности. Насос автоматизируется практически аналогично компрессору: устанавливается дифференциальное реле давления, манометры на всасывании и нагнетании.

На рис. 3.16 показан другой способ регулирования минимальной производительности насоса. Вместо диафрагмы минимальной производительности устанавливается регулирующий вентиль, настраиваемый вручную. Имеется ряд насосов с отводом пара из корпуса, так как холодильный агент, нагретый электродвигателем, может вскипать, то отводящую линию направляют в ресивер.

Насосы для воды и хладоносителя, как правило, запускают до компрессора или одновременно с ним. Предположим, в зимнее время количество воды для испарительного конденсатора или циркуляции в градирне может обеспечить один насос (рис. 3.17). При повышении давления конденсации сигнал датчика запускает второй насос, и если давление конденсации не снижается, включается третий насос. Насосы могут быть подобраны таким образом, чтобы третий насос был резервным, тогда при сигнале реле давления (падение напора), установленного на нагнетании насоса, вместо вышедшего из строя насоса будет включен резервный.

## 3.9. Управление винтовым компрессором и изменение его холодопроизводительности

Винтовой компрессор позволяет осуществлять плавное изменение производительности от 10 до 100 % при помощи поршня регулирования производительности (золотника). При перемещении такого золотника меняется рабочая длина винтов и соответственно снижается количество перекачиваемого компрессором пара. Для перемещения поршня используют гидравлический или электрический привод.

На рис. 3.18 показана функциональная схема автоматизации винтового маслозаполненного компрессора с гидравлическим приводом перемещения золотника. Гидравлическая система имеет бак для масла МБ и насос для масла Н2, создающий между многоходовым золотниковым клапаном ЗК и гидравлическим цилиндром ГЦ с поршнем необходимое давление масла и циркуляцию.

Золотник многоходового золотникового клапана может перемещаться в крайне правое или крайне левое положение электромагнитными приво-

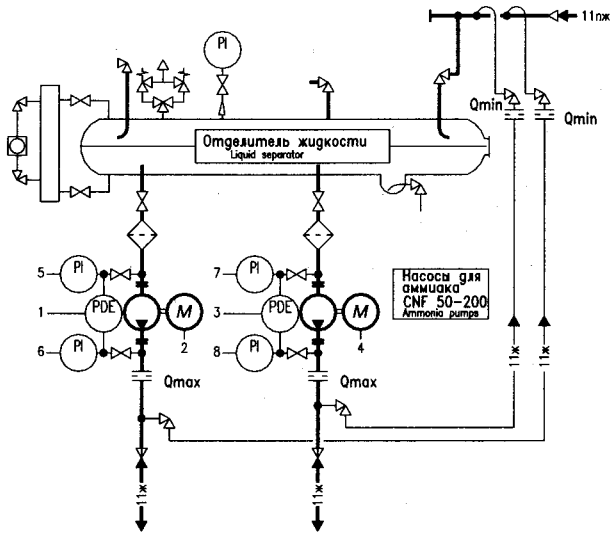
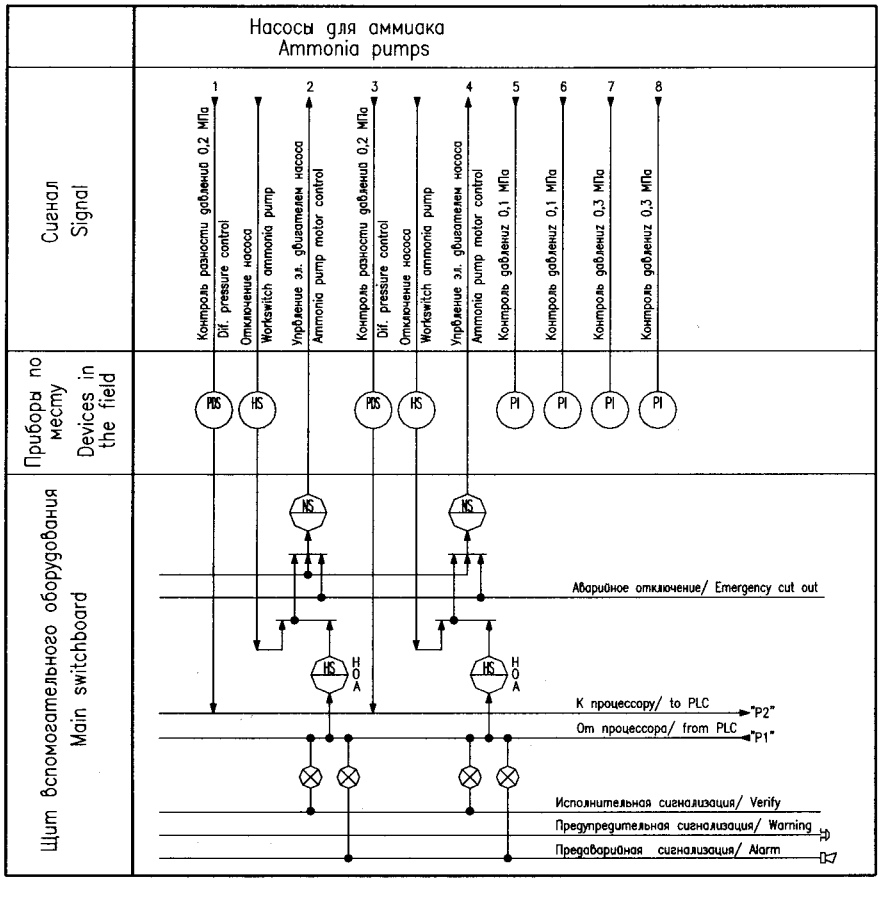



**Рис. 3.15.** Функциональная схема автоматического управления насосами холодильного агента с применением диафрагм минимальной и максимальной производительности



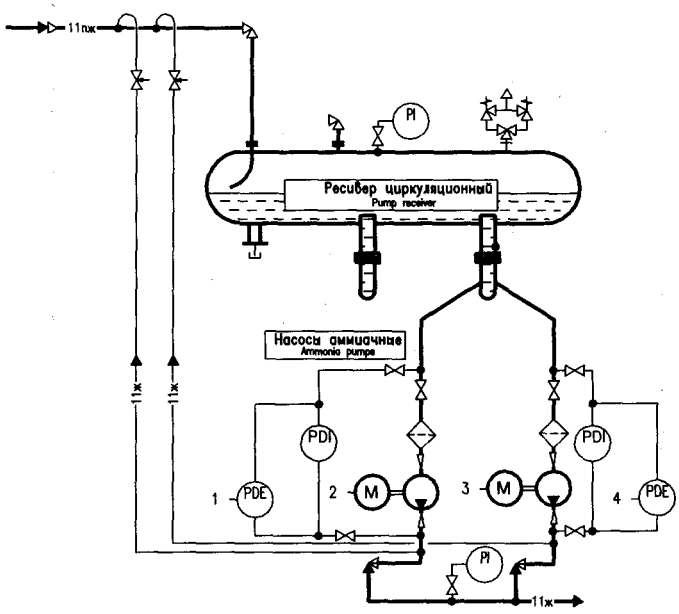
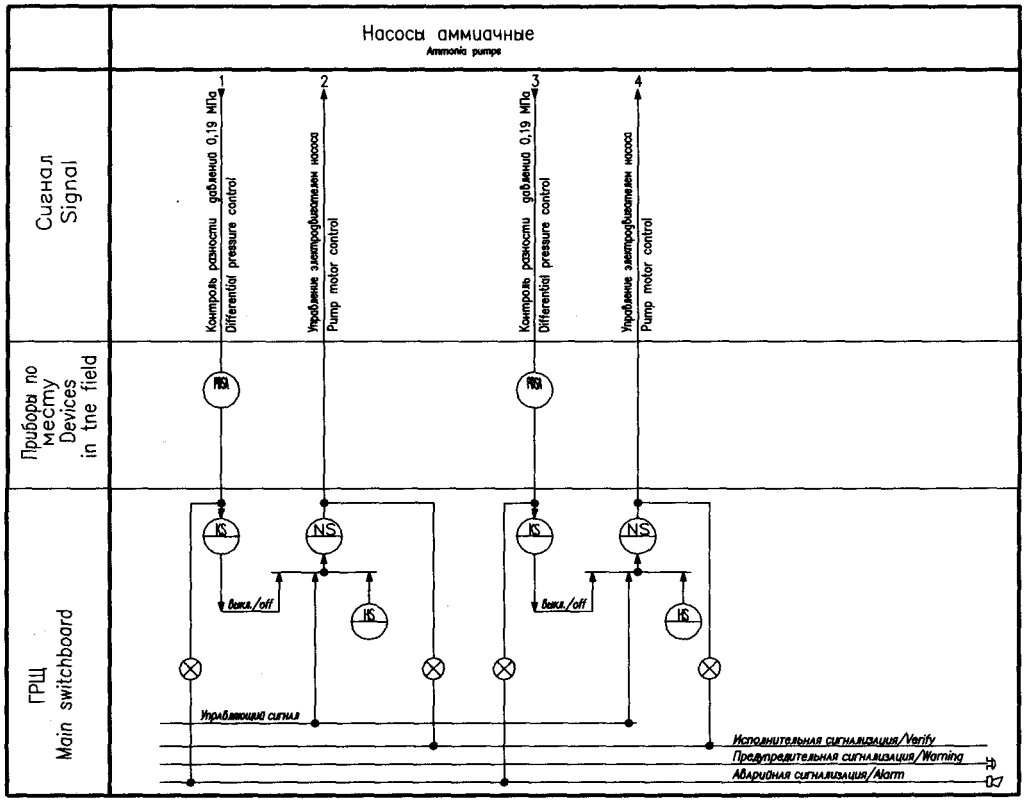



**Рис. 3.16.** Функциональная схема автоматического управления насосами холодильного агента с применением регулирующих вентилей



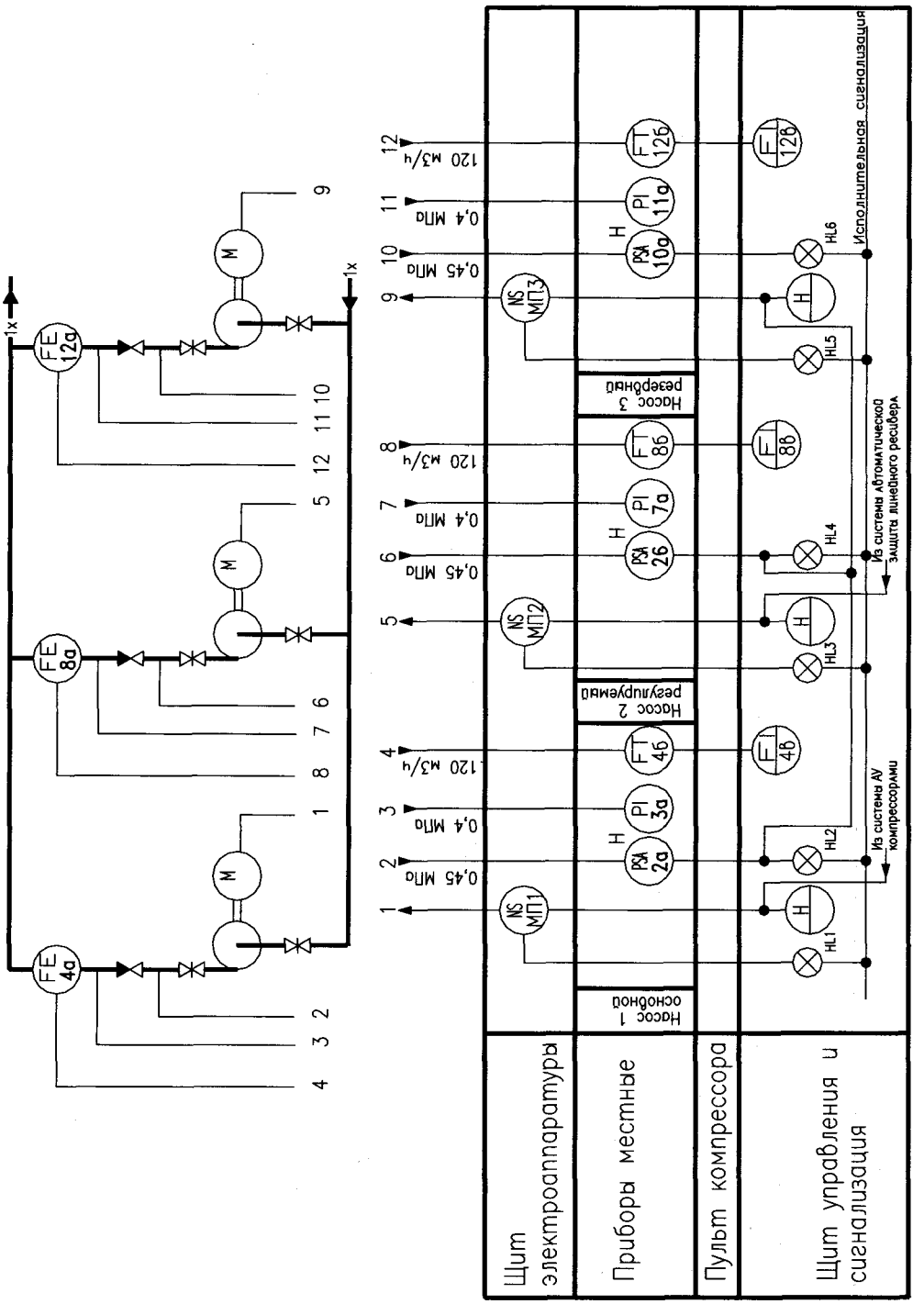



**Рис. 3.17.** Функциональная схема автоматического управления насосами для воды и хладоносителей

дами ЭМ1 и ЭМ2. При включении электромагнита ЭМ2 золотник перемещается вправо, и поток масла поступает в левую полость гидравлического цилиндра. Поршень гидравлического цилиндра двигается вправо и, вводя в работу большую длину винта, тем самым увеличивает производительность компрессора. Вторая полость при этом соединяется с масляным баком для слива масла из правой полости гидравлического цилиндра. При включении ЭМ1, золотник перемещается влево, и поток масла поступает в правую полость гидравлического цилиндра. Поршень при этом начинает двигаться влево, уменьшая рабочую длину винтов, и, следовательно, производительность. Левая сторона гидравлического цилиндра при этом соединяется с баком для масла. Если требуется держать производительность на каком-либо заданном уровне, достаточно просто отключить электромагнитные приводы; при этом обе полости соединяются с баком для масла, а поршень гидравлического цилиндра остается в неподвижном положении. В случае остановки компрессора поршень автоматически передвигается в крайне левое положение, чтобы обеспечивать при пуске минимальную холодопороизводительность — как правило, 10 %. Чаще всего агрегат не имеет отдельного насоса: золотник перемещается насосом, подающим масло в компрессор.

При работе компрессора на многоиспарительную систему температура кипения (давление) регулируется изменением холодопроизводительности. В данном случае компрессор управляется по сигналам датчика давления *3а*.

Как правило, каждый компрессор управляется собственным контроллером, часть функций которого показана на схеме (рис. 3.18). На некоторых агрегатах процессоры не устанавливают. Система астатического шагового (импульсного) регулирования температуры кипения выглядит так: реле времени *4а* и *5а* работают импульсно, с заданным интервалом. Во время этого импульса на электромагнитные приводы ЭМ1 и ЭМ2 подается напряжение. Реле *4а* увеличивает производительность, реле времени *5а* — уменьшает.

При пуске винтового компрессора включается насос для масла Н1, датчик температуры *1а* при этом контролирует температуру масла, и в случае ее понижения (примерно до 15 °С), включает ТЭН в маслоотделителе. Затем проверяется золотник производительности: для облегчения пуска он должен быть переведен в минимальное положение. Чтобы снизить пусковые токи, электродвигатель компрессора переключается со «звезды» на «треугольник». Одновременно с этим запускается насос для масла Н2 и открывается соленоидный клапан СВ, для подачи воды в охладитель масла. Если применяется термосифонное охлаждение, то установка соленоидного клапана не обязательна.

Компрессор защищается от недопустимого повышения давления нагнетания; понижения давления всасывания; повышения температуры нагне-

**Рис. 3.18.** Функциональная схема автоматического управления винтовым компрессором с гидравлическим приводом механизма изменения холодопроизводительности

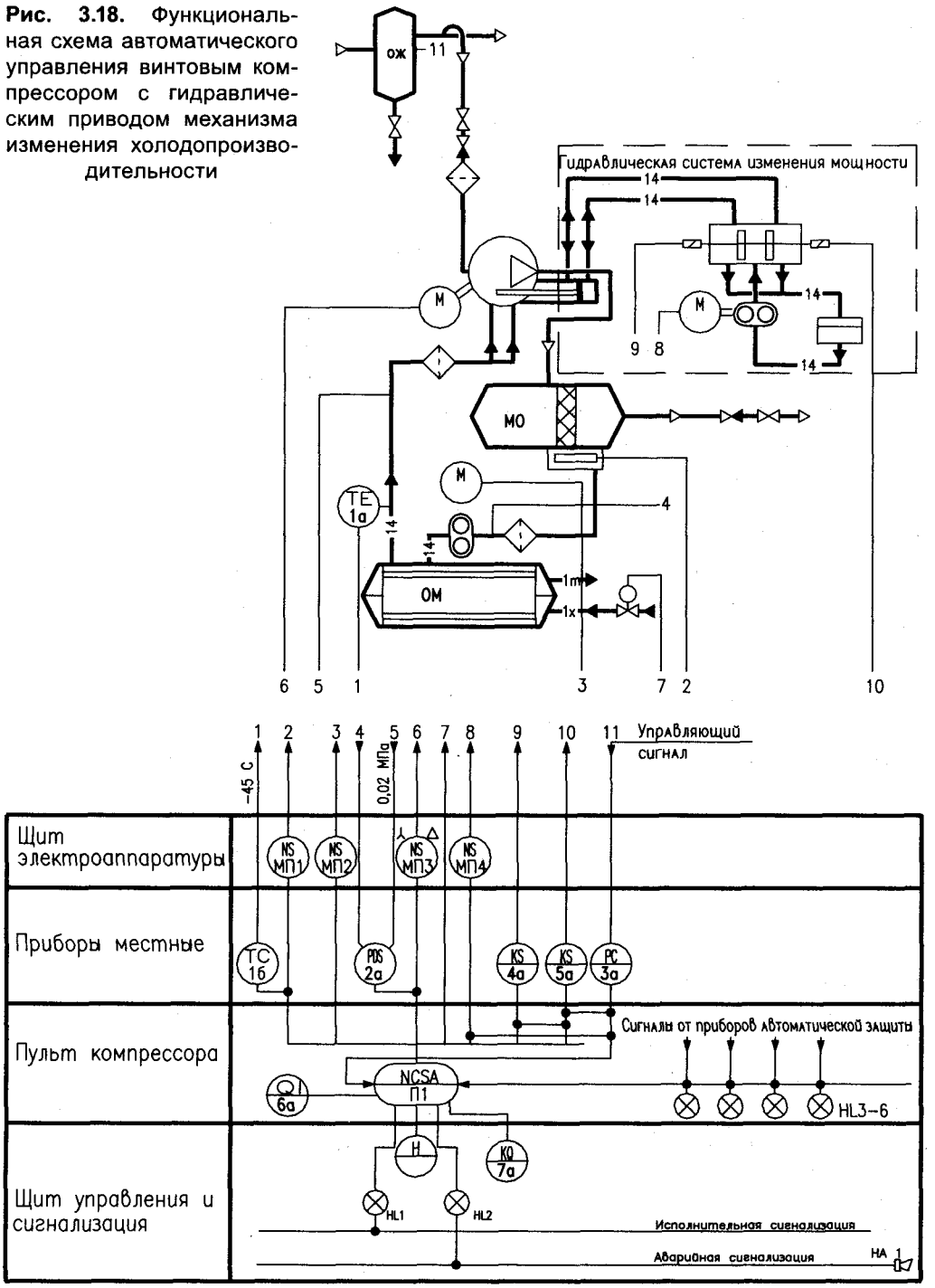
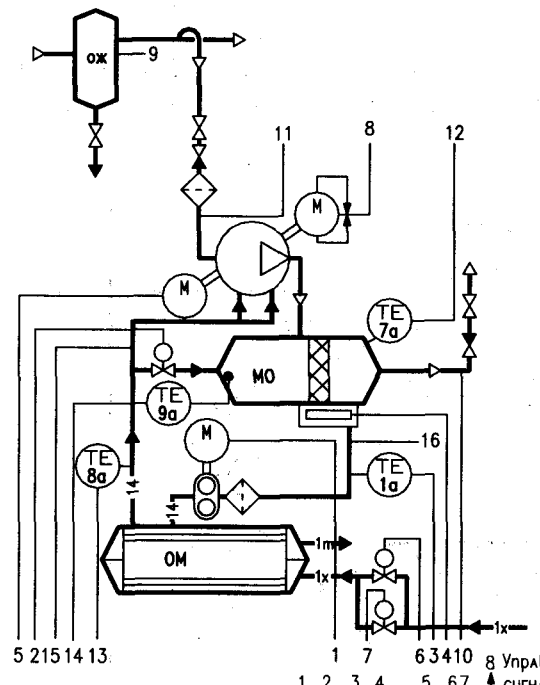
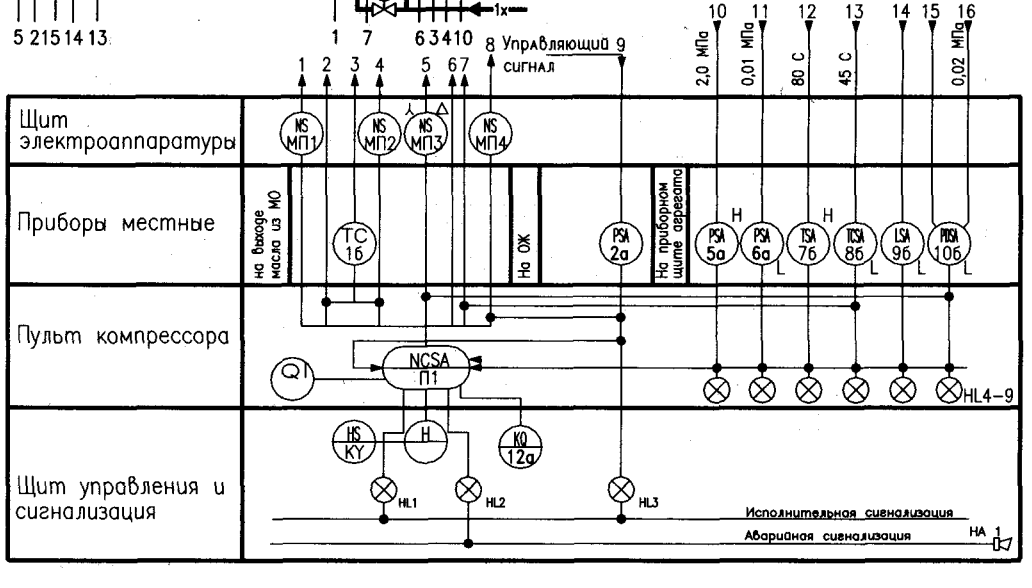


**Рис. 3.19.** Функциональная схема автоматического управления винтовым компрессором с электрическим приводом механизма изменения холодопроизводительности




тания; повышения температуры масла и падения давления масла. Датчик температуры располагается в обмотках электродвигателя. Реле *2а* контролирует разность давления масла на входе и выходе из насоса для масла.

Золотник изменения холодопроизводительности может перемещаться при помощи электродвигателя. Функциональная схема автоматизации такого компрессора показана на рис. 3.19. Так же как в схеме, описанной выше, электродвигатель, в соответствии с сигналом датчика давления, сдвигает золотник, изменяя рабочую длину винтов. При перемещении винтов в конечные положения концевые выключатели отключают двигатель. При остановке компрессора регулятор возвращается в минимальное положение.



При пуске компрессора вначале запускается насос для масла Н и на байпасной линии открывается соленоидный клапан СВ1, вследствие чего масло циркулирует, минуя компрессор. Температура масла контролируется по датчику температуры *1а* и при необходимости подогревается нагревателем ЭН. По достижении необходимой температуры клапан закрывается, и масло поступает в компрессор, таким образом закрытие соленоидного клапана СВ1 является разрешением на пуск компрессора. Масло охлаждается в охладителе масла, соленоидные клапаны, подающие воду в маслоохладитель, открываются одновременно с пуском компрессора, — сначала СВ2, затем, если температура масла повышается, по сигналу датчика температуры *8а* открывается второй клапан СВ3.

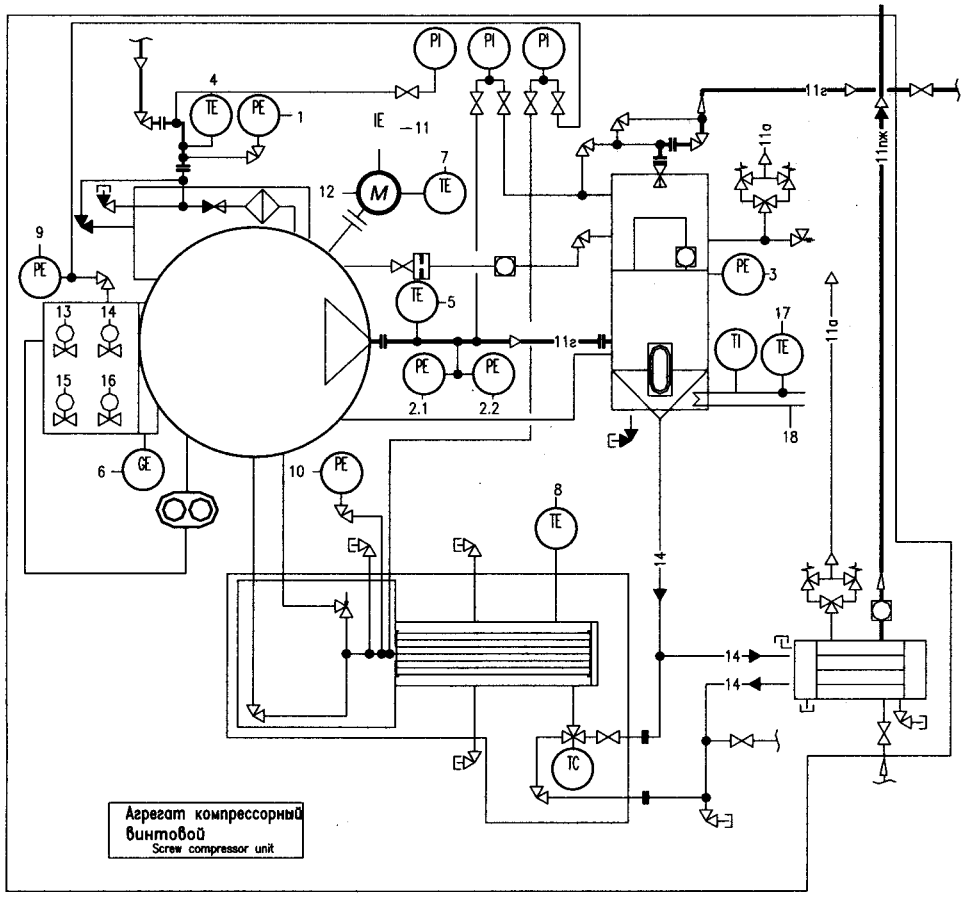
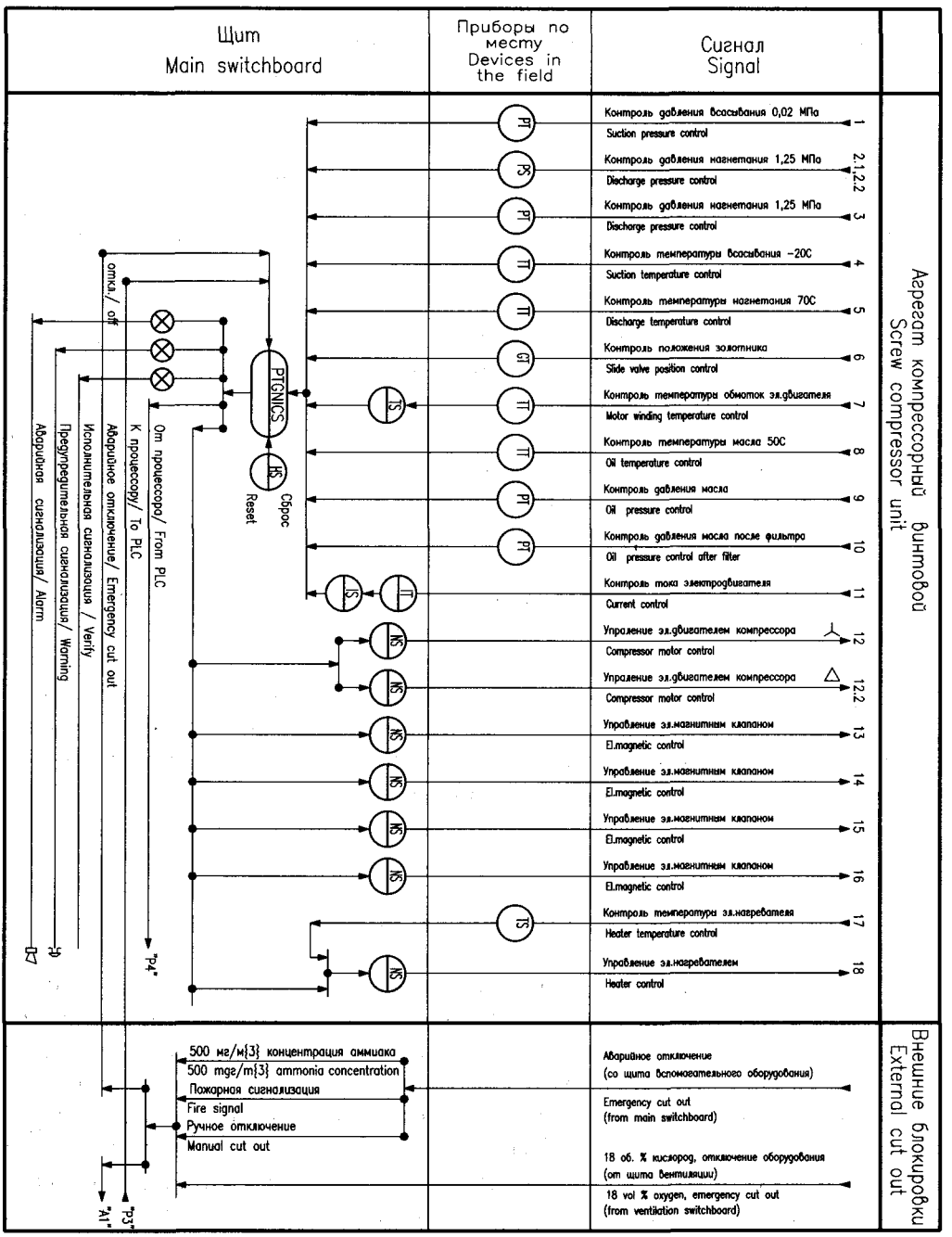



**Рис. 3.20.** Функциональная схема автоматического управления винтовым компрессором


Щит
Main switchboard
Приборы по месту
Devices in the field
Сигнал
Signal
Агрегат компрессорный винтовой
Screw compressor unit
Внешние блокировки
External cut out
Контроль давления всасывания 0,02 МПа
Suction pressure control
Контроль давления нагнетания 1,25 МПа
Discharge pressure control
Контроль давления нагнетания 1,25 МПа
Discharge pressure control
Контроль температуры всасывания -20С
Suction temperature control
Контроль температуры нагнетания 70С
Discharge temperature control
Контроль положения золотника
Slide valve position control
Контроль температуры обмоток эл.двигателя
Motor winding temperature control
Контроль температуры масла 50С
Oil temperature control
Контроль давления масла
Oil pressure control
Контроль давления масла после фильтра
Oil pressure control after filter
Контроль тока электродвигателя
Current control
Управление эл.двигателем компрессора
Compressor motor control
Управление эл.двигателем компрессора
Compressor motor control
Управление эл.магнитным клапаном
El.magnetic control
Управление эл.магнитным клапаном
El.magnetic control
Управление эл.магнитным клапаном
El.magnetic control
Управление эл.магнитным клапаном
El.magnetic control
Контроль температуры эл.нагревателя
Heater temperature control
Управление эл.нагревателем
Heater control
Сброс
Reset
PTGNICS
Откл./ off
Аварийное отключение/ Emergency cut out
К процессору/ To PLC
От процессора/ From PLC
Исполнительная сигнализация / Verify
Предупредительная сигнализация/ Warning
Аварийная сигнализация/ Alarm
"P4"
"A1"
"P3"
500 мг/м{3} концентрация аммиака
500 mge/m{3} ammonia concentration
Пожарная сигнализация
Fire signal
Ручное отключение
Manual cut out
Аварийное отключение
(со щита вспомогательного оборудования)
Emergency cut out
(from main switchboard)
18 об. % кислород, отключение оборудования
(от щита вентиляции)
18 vol % oxygen, emergency cut out
(from ventilation switchboard)

Приведенная схема автоматизации защищает компрессор от:

—давления нагнетания свыше 2 МПа (датчик давления *5а*);

—давления всасывания ниже 0,01 МПа (датчик давления *6а*);

—температуры нагнетания свыше 80 °С (датчик температуры *7а*);

—температуры масла выше 45 °С (датчик температуры *8а*, температура может доходить до 65 °С);

—понижения уровня масла в маслоотделителе ниже заданного (датчик уровня *9а*);

—давления масла ниже 0,15–0,2 МПа (дифференциальное реле давления *10а*).

На пульте компрессора может быть предусмотрен переключатель с автоматического режима на ручной (ключом КУ).

Приведенные выше функциональные схемы автоматизации компрессорных агрегатов демонстрируют различные варианты регулирования холодопроизводительности и некоторые методики управления и защиты агрегата. Каждый производитель разрабатывает собственные методики регулирования и оснащения компрессоров: например, некоторые компрессоры имеют выносной насос для масла, некоторые — нет. Ряд заводов оснащает агрегаты горизонтальными маслоотделителями, ряд — вертикальными. Количество датчиков, их тип и место установки у каждого компрессорного агрегата существенно различаются.

Для управления холодильным агрегатом используются различные марки контроллеров: некоторые производители применяют собственные разработки (например, *UNISAB* от *Sabroe*), некоторые оснащают агрегаты свободнопрограммируемыми контроллерами на базе *Allen Bradley* или *Siemens*. Каждый компрессорный агрегат, даже выпущенный в составе серии, может сильно отличаться от других моделей. На рис. 3.20 показана функциональная схема компрессорного агрегата с контроллером.

## 3.10. Оттаивание испарителей

Оттаивание испарителей является вспомогательной операцией, однако, как правило, именно она играет важную роль в обеспечении непрерывности технологического процесса. Из-за неверного выбора цикла оттаивания температурный режим в холодильных камерах не выдерживается, поэтому требуется длительное оттаивание, а часто и ремонт порванных греющих кабелей или поврежденных ТЭНов оттаивания. Иногда теплообменная поверхность смерзается в единый блок льда, к которому примерзают вентиляторы, вызывая сгорание электродвигателей; под тяжестью массы льда воздухоохладитель может также оторваться от креплений и упасть.

Существует несколько методов оттаивания воздухоохладителей: горячими парами, электричеством и водой. Оттаивание горячими парами характерно для промышленных холодильных установок (в том числе батарей охлаждения); электрооттаивание — для коммерческого, бытового и торгового оборудования.

Применение оттаивания горячими парами при непосредственном кипении (*direct expansion*) показано на рис. 3.21. Жидкий холодильный агент подается через открытый соленоидный клапан СВ2, дросселируется через ТРВ, распределяется через «паук», кипит и отводится на всасывание компрессора (отделитель жидкости). При оттаивании СВ1 и СВ2 закрываются, открывается СВ3 и горячий пар (поступающий с нагнетания компрессора или после специального регулятора, например, пилотного вентиля), проходит через поддон и подается в верхнюю часть теплообменной поверхности. Доходя до низа, он конденсируется и отводится по дополнительной линии в ресивер. При нормальной работе линии оттаивания перекрыты СВ3 и обратными клапанами, работой которых управляет либо контроллер, либо реле времени с дополнительной кнопкой принудительного оттаивания. Сигнал к окончанию оттаивания дает датчик температуры ребра *1а*. Электродвигатель вентилятора *4* при оттаивании не работает, чтобы не вбрасывать в холодильную камеру теплый воздух.

Схемы оттаивания при верхней и нижней насосной подаче различны. При нижней подаче (рис. 3.22) в режиме охлаждения открыты соленоидные клапаны СВ1 и СВ2, а клапан СВ3 закрыт. В режиме оттаивания клапаны СВ1 и СВ2 закрываются, а через открытый клапан СВ3 подается горячий пар, проходящий по поддону и теплообменной поверхности. После конденсации он подается через пилотный вентиль в отделитель жидкости. Работой соленоидных клапанов управляет либо контроллер, либо реле времени с дополнительной кнопкой принудительного оттаивания. Сигнал к окончанию оттаивания дает датчик температуры ребра *1а*. Электродвигатель вентилятора *4* при оттаивании не работает, чтобы не вбрасывать в холодильную камеру теплый воздух. Предохранительный (перепускной) клапан, специально производимый для таких схем, перепускает избыток холодильного агента (при остановках в случае чрезмерного теплопритока, пожара, закрытии клапанов и вентилей) в отделитель жидкости.

Схема оттаивания при верхней насосной подаче показана на рис. 3.23. Она отличается от приведенной выше только местом установки пилотного и перепускного вентилей.

Ряд специалистов считает, что использование дополнительных пилотных вентилей в схемах насосной подачи излишне, вполне достаточно перепускного клапана, настроенного на необходимое давление.

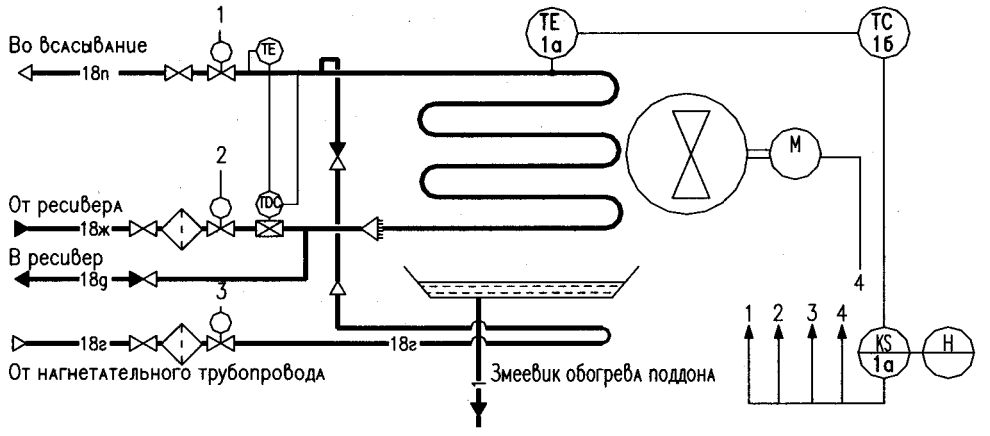



**Рис. 3.21.** Функциональная схема автоматического оттаивания фреонового воздухоохладителя с непосредственным кипением

В бытовом холодильнике, несмотря на кажущуюся простоту его схемы, в ряде случаев используется оттаивание горячими парами (см. схему оттаивания морозильной камеры бытового холодильника, рис. 3.24). Оттаивание запускается кнопкой, находящейся на лицевой панели холодильника, при этом открывается соленоидный клапан СВ и производится оттаивание испарителя И. Из поддона П в нижний поддон П' стекает вода.

Следует отметить, что в бытовых холодильниках, как правило, применяются характерные для промышленных холодильных установок теплообменники, где жидкость переохлаждается после конденсатора, в трубке, соприкасающейся со всасывающей линией, а пар перегревается после испарителя за счет теплоты жидкого холодильного агента. Оттаивание заканчивается по

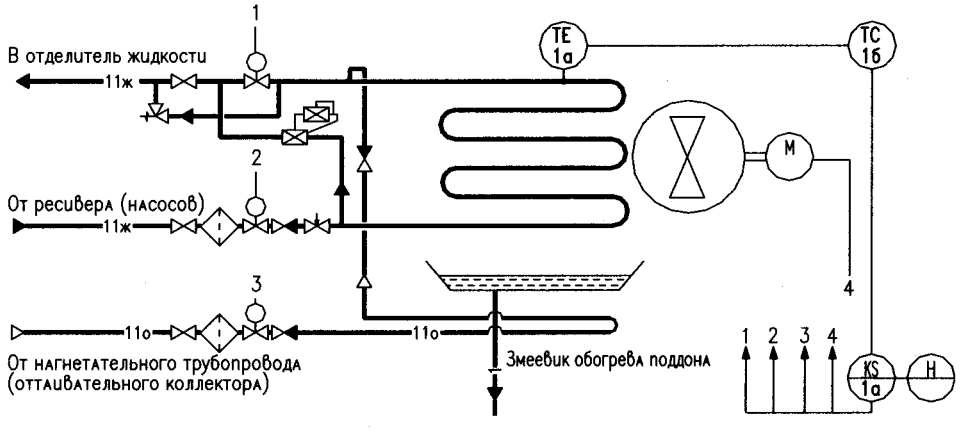



**Рис. 3.22.** Функциональная схема автоматического оттаивания аммиачного воздухоохладителя с нижней насосной подачей

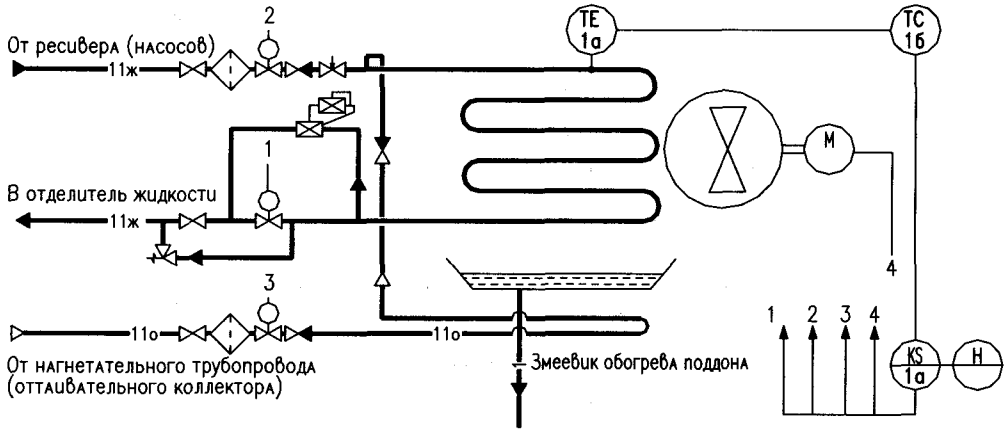



**Рис. 3.23.** Функциональная схема автоматического оттаивания аммиачного воздухоохладителя с верхней насосной подачей

сигналу датчика температуры *1а*. Недостатком такого типа оттаивания является частое перекашивание соленоидного клапана, что приводит к постоянному поступлению в испаритель горячего пара.

Оттаивание аммиачных батарей показано на рис. 3.25–3.26. При нижней подаче во время оттаивания соленоидные клапаны СВ1 и СВ2 (для подачи жидкого холодильного агента от насоса Н и удаления в отделитель жидкости ОЖ) закрываются, открываются СВ3 и СВ4. Через СВ4 горячий пар подается от нагнетания НГ, через СВ3 он отводится в дренажный ресивер ДР. В данной схеме применяются поплавковые регуляторы уровня. Оттаивание начинается принудительно (нажатием кнопки) или по сигналу реле времени, а заканчивается по сигналу датчика температуры *1а* на поверхности трубы или в ребре.

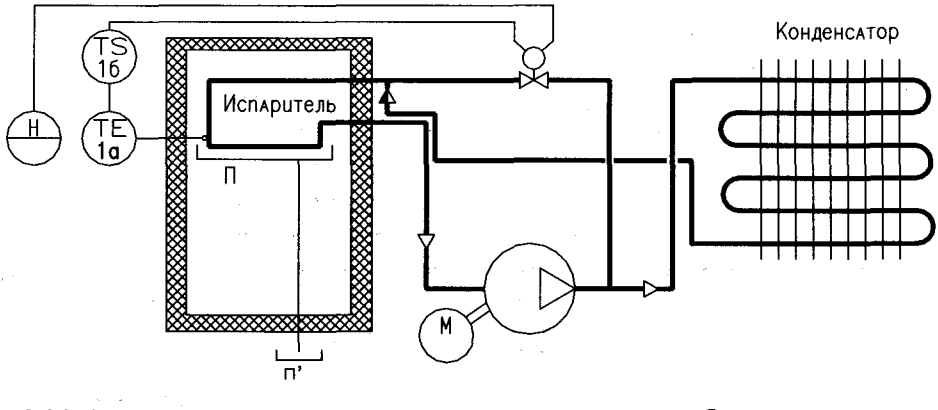



**Рис. 3.24.** Функциональная схема автоматического оттаивания бытового холодильника

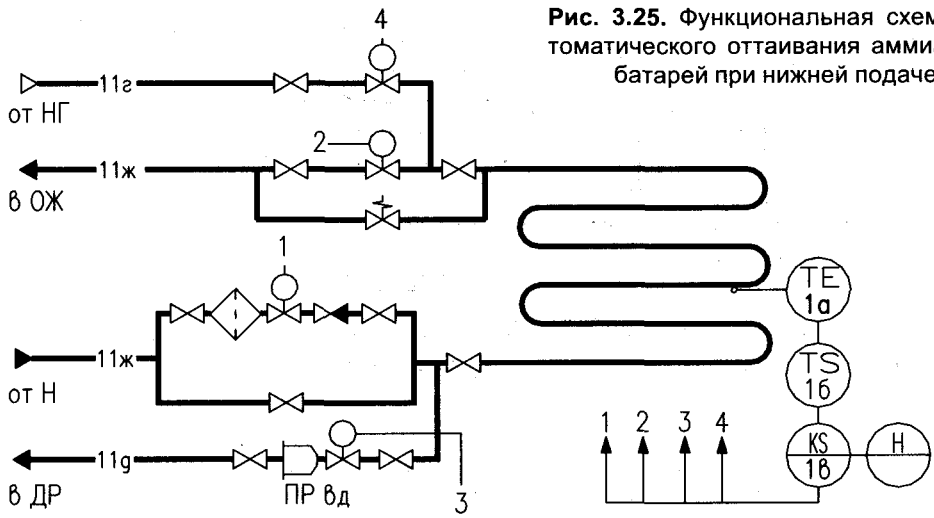



**Рис. 3.25.** Функциональная схема автоматического оттаивания аммиачных батарей при нижней подаче

На рис. 3.27 показана функциональная схема автоматического оттаивания воздухоохладителя паром высокого давления с применением поплавкового регулятора высокого давления. Оттаивание теплообменного блока *1* и поддона *2* производится горячими парами. На схеме показано оттаивание змеевиком *3* не только поддона, но и трубы, отводящей талую воду *4*.

Схемы оттаивания очень разнообразны, поэтому в них применяется множество различных приборов автоматизации со схожим принципом действия.

Самым простым и распространенным остается оттаивание электрическими ТЭНами. Этот способ довольно энергоемок (к тому же возможно вы-

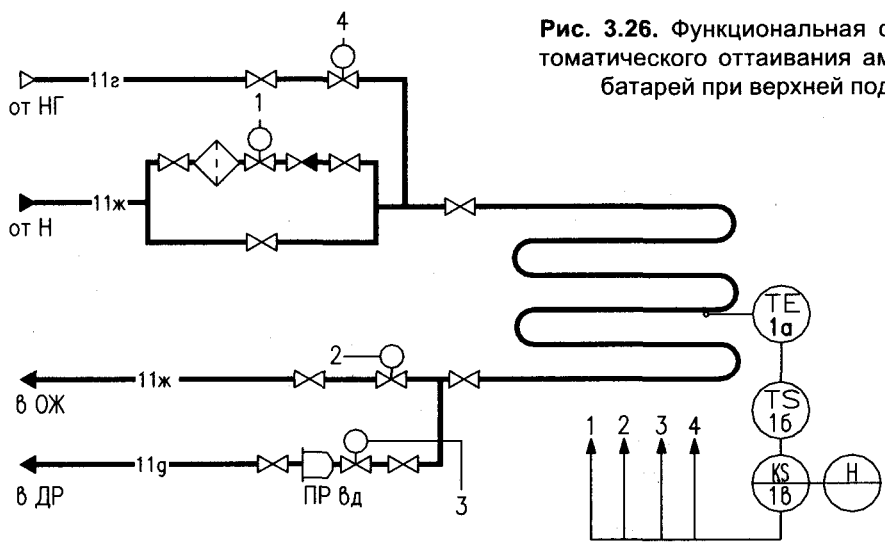



**Рис. 3.26.** Функциональная схема автоматического оттаивания аммиачных батарей при верхней подаче

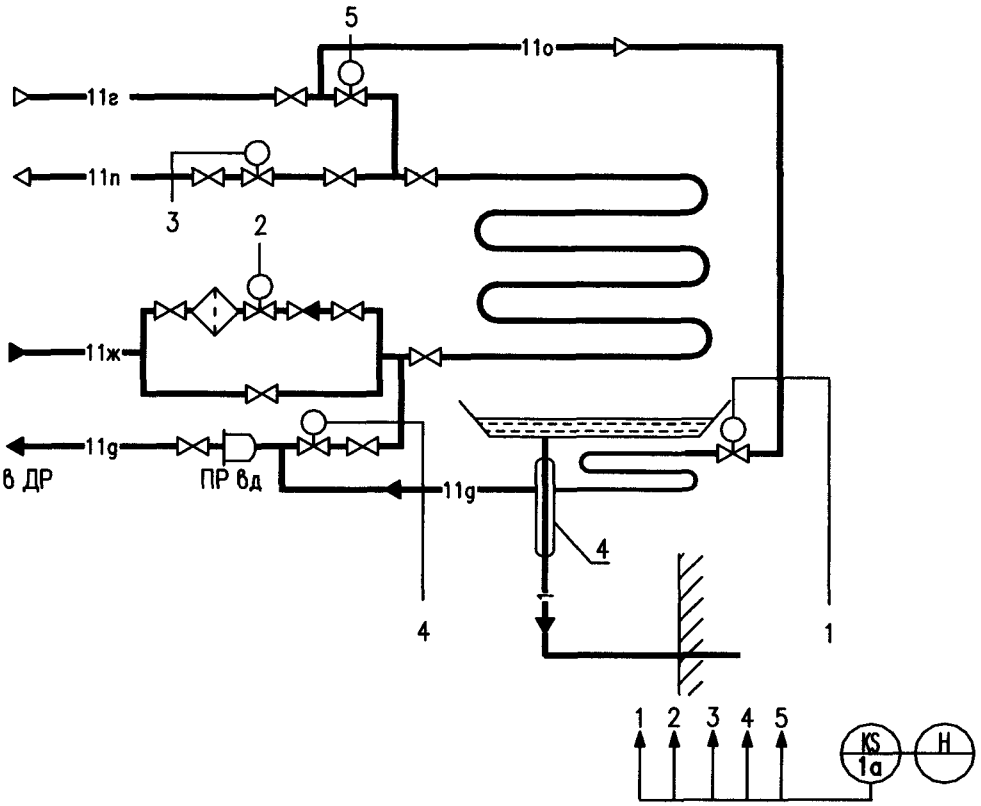



**Рис. 3.27.** Функциональная схема автоматического оттаивания воздухоохладителя паром высокого давления

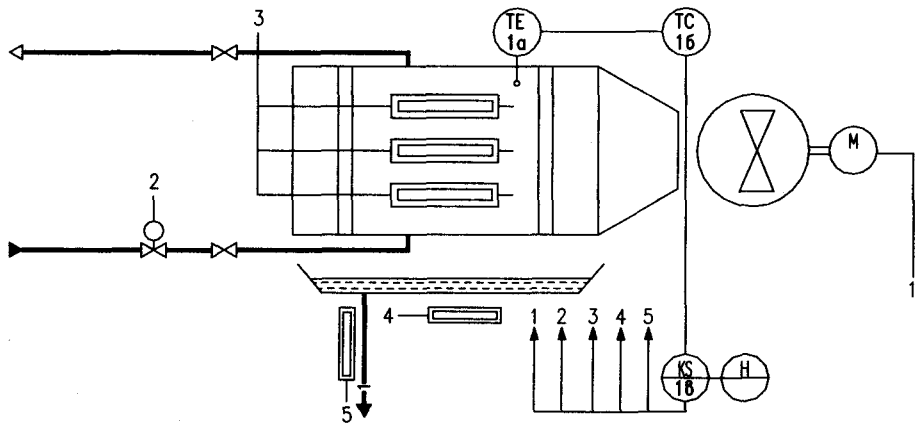



**Рис. 3.28.** Функциональная схема автоматического оттаивания воздухоохладителя электрическими ТЭНами (электрооттаивание).

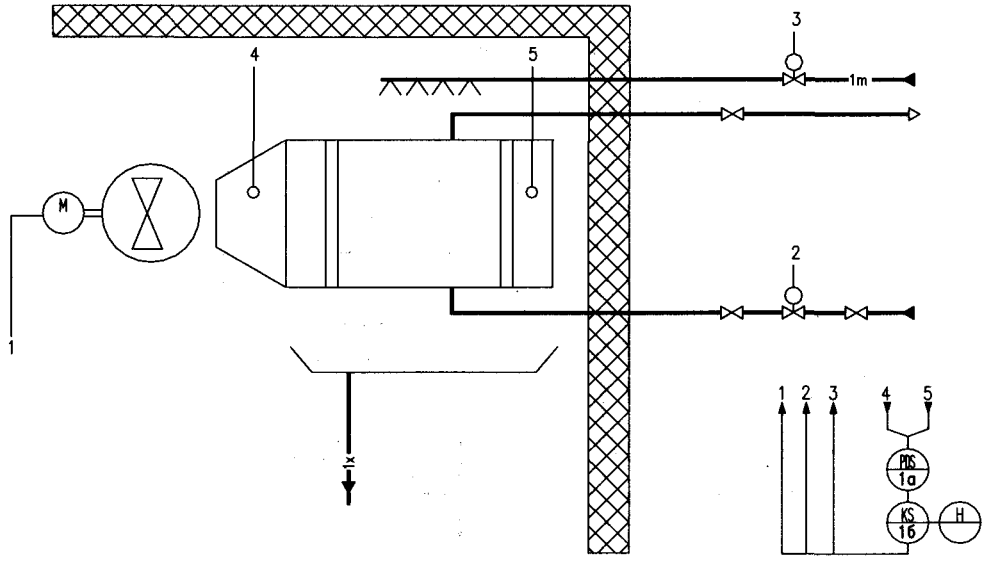



**Рис. 3.29.** Функциональная схема автоматического оттаивания воздухоохладителя водой

горание, обрыв греющих кабелей и ТЭНов), однако для реализации схемы оттаивания горячими парами требуется столько арматуры, что ее стоимость сравнима со стоимостью самого воздухоохладителя.

Сегодня, невзирая на все недостатки, электрооттаивание остается вне конкуренции в коммерческих холодильных установках и прочно занимает нижний сегмент промышленного холода. На рис. 3.28 показана схема электрооттаивания: при оттаивании соленоидный клапан закрывается, жидкий холодильный агент выкипает, электродвигатель вентилятора при этом останавливается. Обогреваются также поддон и труба, отводящая талую воду в низкотемпературных холодильных камерах.

Понятно, что одновременное оттаивание всех воздухоохладителей в холодильной камере проводить не следует, иначе температура в момент оттаивания значительно повысится, что при электрооотаивании сопряжено со значительным расходом электроэнергии. Воздухоохладители необходимо оттаивать по одному (при большом количестве — по 2–3).

Оттаивание воздухоохладителей водой довольно распространено, в частности, у скороморозильных аппаратов (рис. 3.29). При нажатии кнопки принудительного оттаивания (как правило, такие аппараты работают в ручном режиме), реле времени или, как показано на рисунке, по датчику перепада давления на входе и выходе из испарителя, открывается соленоидный клапан СВ2, останавливается электродвигатель вентилятора *1* и к форсункам

подается теплая вода через открытый соленоидный клапан СВ3. Оттаявшая и подаваемая вода отводятся через дренажную систему.

Показанное реле перепада давления воздуха на входе и выходе из теплообменника выпускается серийно. Оно часто применяется в кондиционировании как датчик загрязнения воздушных фильтров или на конденсаторах воздушного охлаждения, где возможно серьезное загрязнение теплообменной поверхности.

## 3.11. Системы возврата, отделения и охлаждения масла

Системы возврата масла имеют большое значение в многокомпрессорных холодильных установках, где компрессоры работают совместно. Наиболее важным равномерный возврат масла становится в централях, где могут быть установлены десятки компрессоров. Так как один компрессор может длительное время работать, а другие — стоять, унос масла будет неравномерным, компрессор может остаться без масла и выйти из строя. В коммерческом холоде применяют две наиболее распространенные системы возврата масла: электронную и механическую, с поплавковыми регуляторами уровня.

На рис. 3.30 показана система механического возврата масла с поплавковыми регуляторами уровня в каждом компрессоре. Такие системы надежно выравнивают уровень в компрессорах, применяются со всеми типами компрессоров, нуждающихся в поддержании уровня в картере (поршневые, спиральные), ввинчиваются при помощи адаптера в смотровой глазок и выпускаются специально под производимые марки компрессоров.

Как видно, масло уносится из компрессора, отделяется в маслоотделителе, подается в маслосборник и распределяется между компрессорами. Поплавок при падении уровня масла опускается, открывая клапан и впуская нужное для поднятия поплавка и закрытия клапана количество масла. Некоторым недостатком такого метода является возможность засорения клапана, однако этому противодействуют фильтры; к тому же современные системы, особенно при пайке под азотом и применении качественного фреона, достаточно чисты.

На рис. 3.31 показана схема возврата масла электронным регулятором уровня типа *Traxoil* или *Optronic*. Собственно сам регулятор представляет собой два прибора — датчик уровня (реле уровня) и соленоидный клапан. Поплавок изменяет свое положение, тем самым меняя магнитное поле, что фиксируется датчиком Холла. При недостатке масла подается сигнал на открытие соленоидного клапана, при длительном недостатке масла и открытом соленоидном клапане — сигнал на отключение компрессора.

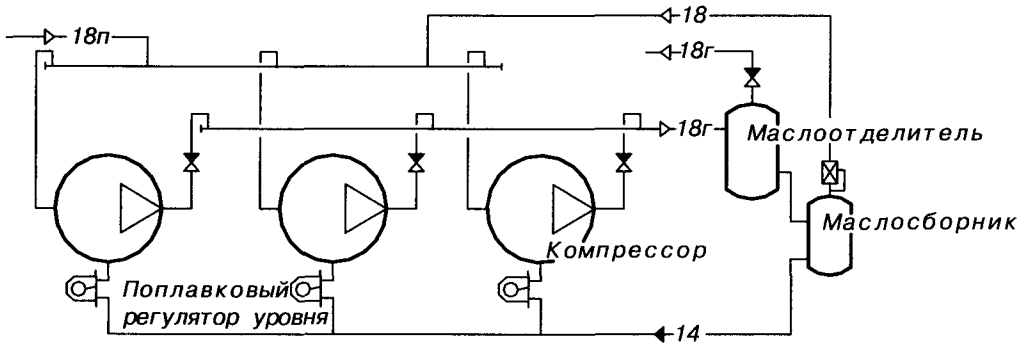



**Рис. 3.30.** Функциональная схема автоматического возврата масла в картер параллельно включенных компрессоров поплавковыми регуляторами уровня

На схеме показана система возврата масла высокого давления прямо из маслоотделителя. Электронная система возврата масла позволяет обходиться без дополнительного маслосборника, хотя производитель рекомендует его устанавливать и реализовывать схему низкого давления. Фильтр в системе имеется, но рекомендуется устанавливать дополнительный фильтр на выходе из маслоотделителя, потому что любые загрязнения для соленоидных клапанов и реле нежелательны.

Большой проблемой в холодильных установках является отделение унесенного через маслоотделители масла. В аммиачных холодильных установках этот вопрос решается достаточно просто: масло, будучи тяжелее аммиака, оседает в нижней части ресиверов и сливается оттуда. Также в компрессорных агрегатах аммиачных холодильных установок применяются отделители масла, работающие гораздо эффективнее аналогичных по функции устройств во фреоновых холодильных машинах. Фреон тяжелее масла, поэтому оно плавает в ресиверах сверху, и для его отделения требуется выпариватель.

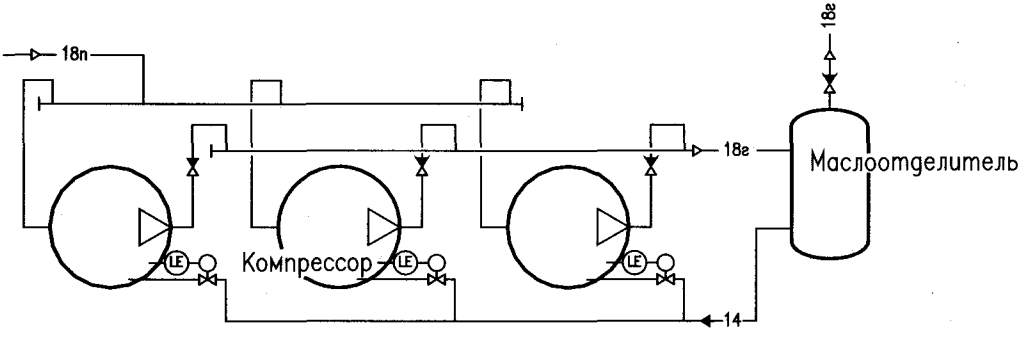



**Рис. 3.31.** Функциональная схема автоматического возврата масла в картер параллельно включенных компрессоров электронным регулятором уровня

На рис. 3.32 показана схема такого выпаривателя. Как видно, фреономасляная смесь забирается из ресивера и направляется в теплообменник (в данном случае используют тип «труба в трубе»), где смесь нагревается жидким холодильным агентом из конденсатора, выкипает и в виде пара и масла подается на всасывание в компрессор. Жидкость, охладившаяся за счет теплообмена со смесью, поступает через регулирующий вентиль в ресивер. Процесс выпаривания масла начинается с открытия соленоидного клапана СВ, за которым стоит регулирующий вентиль, который нужно настроить так, чтобы в глазке ГЛ не наблюдались крупные капли масла, так как это вредно для компрессора.

В винтовых компрессорах большой проблемой является охлаждение масла. В крупных компрессорных агрегатах, как уже говорилось, предусматриваются термосифонные или водяные охладители масла. Для компрессоров коммерческих серий такие системы слишком дороги, поэтому масло охлаждают в охладителях жидкости (англ. термин *dray cooler*, — иногда неправильно переводится как «сухая градирня»). Масло в компрессорах должно иметь определенную температуру, но температура нагнетания значительно ее превышает, поэтому прежде чем возвратить масло в компрессор, нужно его охладить. Масло из маслоотделителя поступает в охладитель жидкости, где за счет воздуха охлаждается до требуемой температуры (рис. 3.33). Так как температура окружающей среды, из-за работы вентиляторов охладителя,

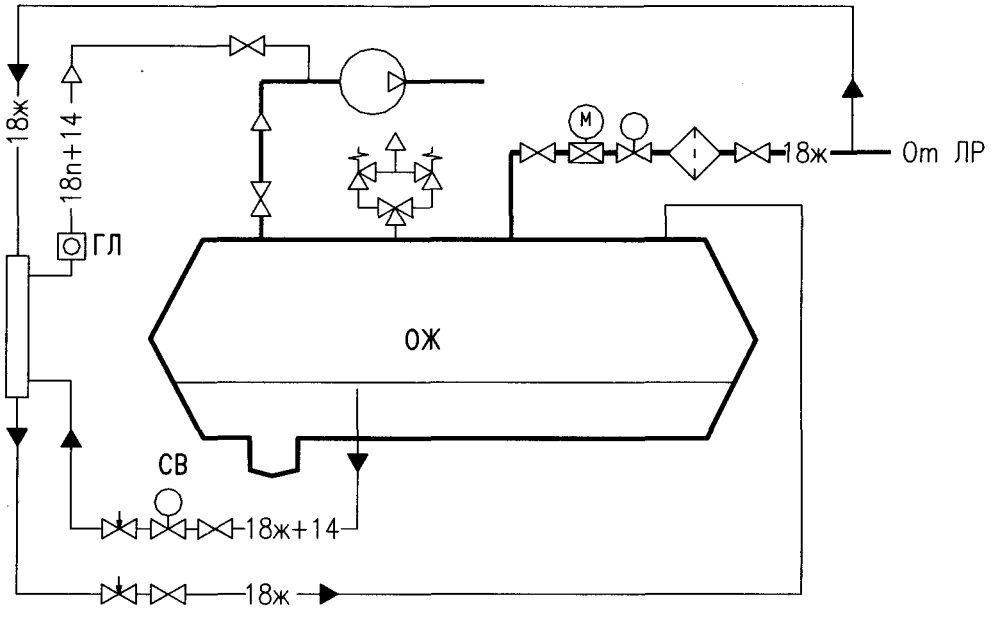



**Рис. 3.32.** Функциональная схема отделения (выпаривания) масла во фреоновых схемах

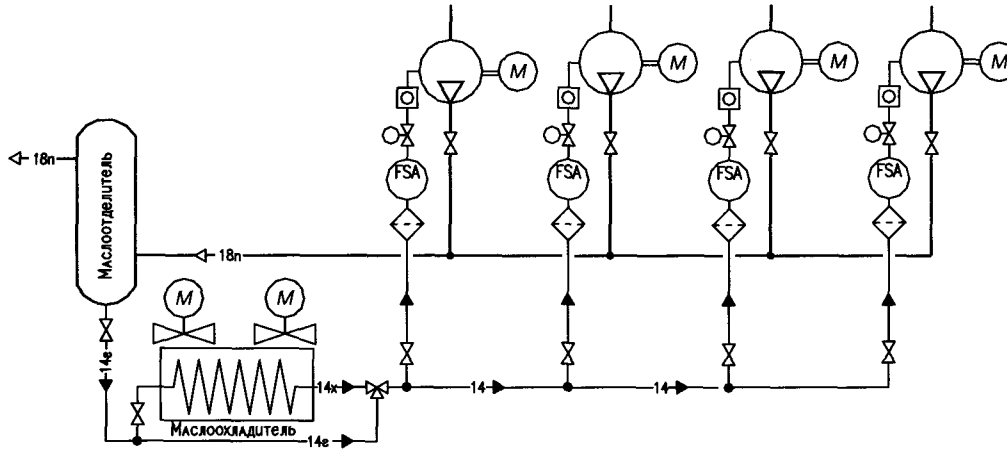



**Рис. 3.33.** Функциональная схема охлаждения масла с использованием охладителя жидкости

и температура поступающего на охлаждение масла могут колебаться, устанавливают трехходовой клапан, поддерживающий постоянную температуру масла, путем подмешивания горячего масла к холодному и наоборот. Иногда применяют не специализированные трехходовые, а моторные вентили, работающие по сигналу датчика температуры на трубопроводе масла. Масло возвращается в каждый компрессор через специальную арматуру, где присутствует реле протока и соленоидный клапан.

Такая схема имеет существенный недостаток: при пуске после длительной остановки в ней несколько суток могут наблюдаться перебои, особенно при температурах ниже -45 °С. Масло в маслоохладителе может загустеть даже при отключенных вентиляторах, и трехходовой вентиль не будет его пропускать в компрессоры как слишком холодное. Для этого устанавливают нагреватели, подогревающие масло в маслоохладителе или трубах, потому что нагреватель в маслоотделителе не справляется с задачей. Как вариант, возможна установка маслоохладителей в помещении машинного отделения, однако не каждое машинное отделение может воспринять 6–10 кВт тепла от масла, особенно в летний период, когда требуется работа охладителя.

Выходом может послужить применение инжекционного охлаждения, схема которого, характерная скорее для промышленных компрессоров и самого верхнего сегмента коммерческого холода, показана на рис. 3.34. В корпус компрессора впрыскивается жидкость, идущая из конденсатора. Эта схема лишена проблем термосифонного, водного и воздушного охлаждения, проста, надежна и удобна. Однако большинство компрессоров для коммерческих серий не имеет подключений для инжекторов, что заставляет использовать схемы с воздушными охладителями масла, неудобными и ненадежными.

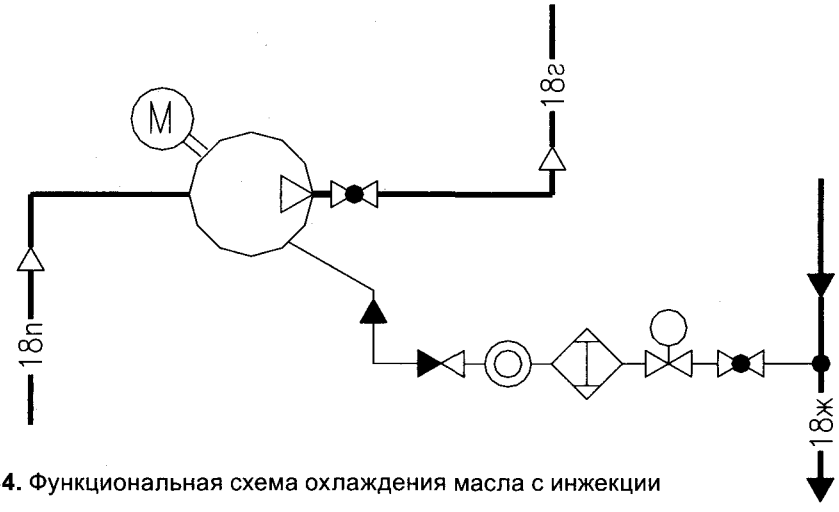



**Рис. 3.34.** Функциональная схема охлаждения масла с инжекции

## 3.12. Системы отделения воздуха

Попадание воздуха в систему крайне нежелательно, особенно в низкотемпературных холодильных установках, работающих при давлениях ниже атмосферного. В частности, из-за наличия воздуха в системе растет давление конденсации, так как в этом случае суммарное давление конденсации складывается собственно из давления пара хладоносителя и давления воздуха. Чтобы избавиться от воздуха в системе применяют воздухоотделители, наиболее распространенные в крупных аммиачных холодильных установках.

На рис. 3.35 показан воздухоотделитель с периодическим процессом удаления воздуха, где отбор аммиачно-воздушной смеси производится из жидкостного коллектора конденсаторов. Ранее считалось, что лучше всего производить отделение из паровой зоны линейного ресивера, однако, самое большое количество воздуха скапливается именно в жидкостном коллекторе конденсатора.

Аммиачно-воздушная смесь поступает в воздухоотделитель, где, проходя через слой жидкого холодного аммиака, разделяется на сконденсировавшийся аммиак и воздух, который барботирует в верхнюю часть аппарата. Жидкость охлаждается змеевиком, расположенным внутри воздухоотделителя, куда через ТРВ подается жидкий холодильный агент высокого давления. Воздух выпускается под уровень воды в емкость, для отделения остатков паров аммиака выделяющийся пар отводится из воздухоотделителя. Настройка таких воздухоотделителей довольно сложна.

На рис. 3.36. изображена наиболее распространенная и простая схема воздухоотделителя. Парогазовая смесь также отделяется из жидкостного коллектора конденсатора и подается в сосуд с охлаждающим змеевиком. Однако охлаждение производится не за счет отбора части жидкого аммиака и его дросселирования, а за счет отдельной фреоновой холодильной машины. Это позволяет значительно упростить настройку и автоматизацию, а также сократить количество арматуры. Парогазовая смесь поступает через подводящую трубку, через нее же отводится отделившийся аммиак, а воздух отводится в атмосферу.

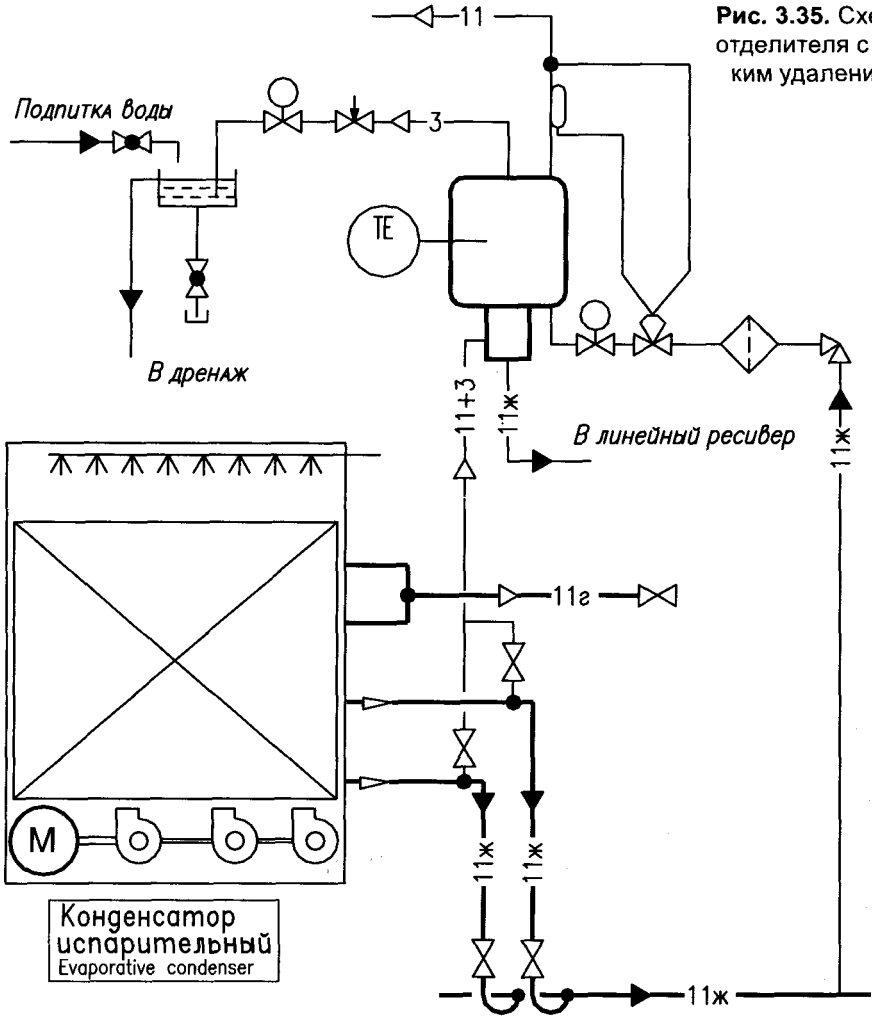



**Рис. 3.35.** Схема воздухоотделителя с периодическим удалением воздуха

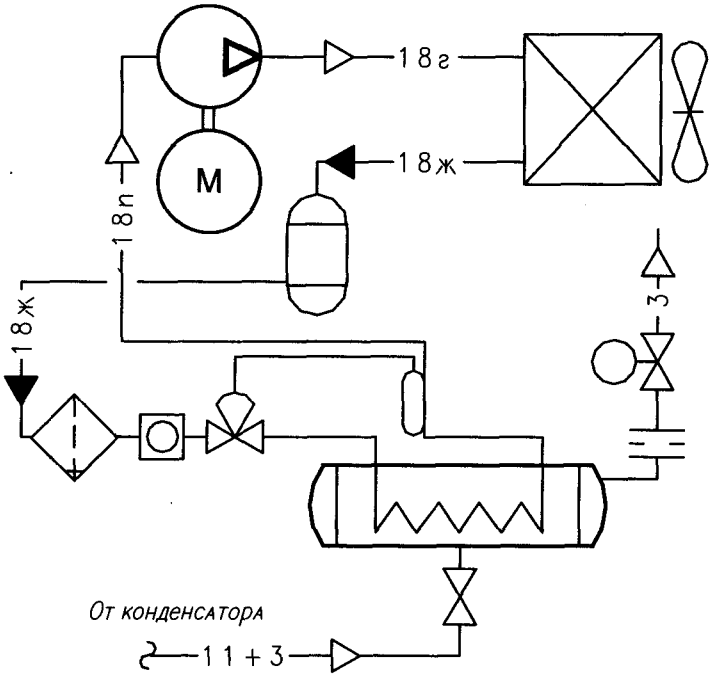
# Глава 4. Монтаж и пусконаладочные работы

Ничто никогда не строится в срок и в пределах сметы.

*Закон Хеопса*

Для эффективной автоматизации производства необходимо не только знать алгоритм и особенности работы приборов, но и хорошо представлять себе процесс их монтажа. Часто автоматчики при разработке схемы не учитывают, что прибор автоматизации должен быть врезан в трубу или аппарат. То есть в трубе необходимо проделать отверстие, вварить или впаять туда бобышку с нарезанной резьбой, ввернуть в нее адаптер или резьбовой штуцер, затем, вполне возможно, понадобится протянуть несколько метров трубки с резьбовым штуцером на конце и через прокладку ввернуть его в прибор.

**Рис. 3.36.** Наиболее распространенная схема воздухоотделителя



Монтаж среди автоматчиков считается простым и не требующим никакой подготовки процессом, отчего кроме прибора и трубы ничего не заказывается и не продумывается. При монтаже запуск установки может быть сорван из-за отсутствия банального перехода с М12 х 1,5 на G1/2. В таких случаях, безусловно, бобышку доставляют срочно курьером или самолетом, после чего становится ясно, что гораздо дешевле сразу заказывать такие детали из золота. Настоятельно рекомендуется перед монтажом поинтересоваться: как тот или иной прибор врезается в систему, какие каталоги бобышек предлагают заводы, насколько уникальны резьбы на заказанных приборах, и где можно изготовить такие детали.

## 4.1. Монтаж арматуры и КИПиА

Одинаковые приборы,
проверенные одинаковым способом,
будут в эксплуатации вести себя
совершенно по-разному.

*Универсальные законы для молодых инженеров,*
*разработанные комитетом по практическим рекомендациям*
*международной ассоциации инженеров-философов*

Значительный объем работ при монтаже холодильных систем приходится на установку запорной и регулирующей арматуры и контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации. При установке арматуры и приборов КИПиА следует учесть, что некоторые их детали выполнены из плавких материалов (фторопласт и т.п.), поэтому перед пайкой или сваркой необходимо либо удалить их из изделия, либо, если изделие неразборное, использовать для отвода тепла термоотводящие пасты или влажные тряпки. Пламя горелки необходимо направлять в сторону трубы, чтобы не перегреть и не повредить корпус вентиля или прибора. Приборы КИПиА часто имеют пластиковые корпуса, поэтому их следует закрывать металлическими экранами.

Манометры, мановакуумметры и вакуумметры имеют сзади резьбовой хвостовик, направленный радиально вниз или перпендикулярно корпусу сзади. На фреоновых манометрах (рис. 4.1*а*) распространена коническая резьба хвостовика, которая не требует дополнительных уплотнителей; часть фреоновых манометров имеет хвостовики под бортовку. Запрещается использовать более одной уплотнительной прокладки. Манометры для аммиака выполнены из стали и поставляются с накидной гайкой и штуцером, к которому приваривают импульсную трубку. Для крепления манометров используют

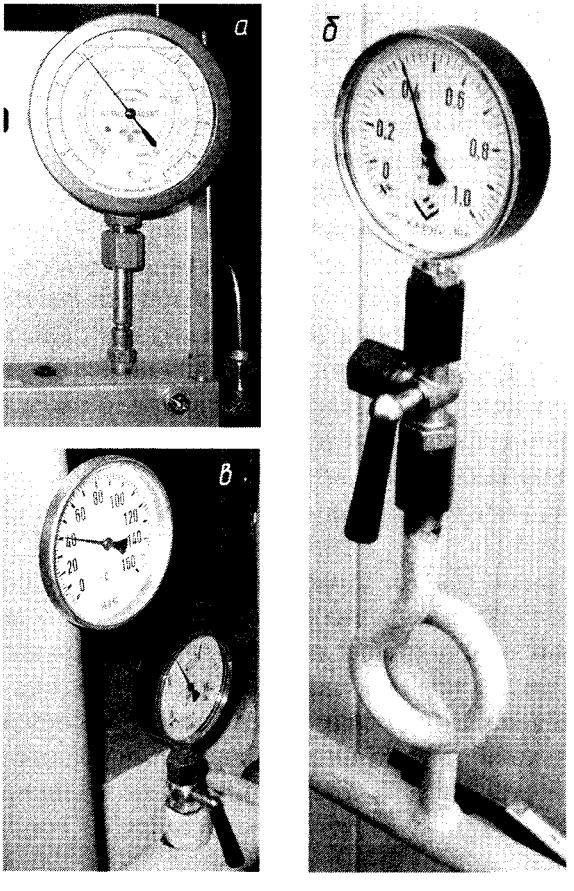


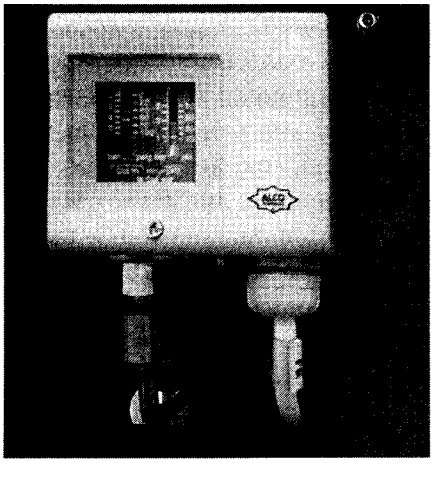

**Рис. 4.1.** Манометры и термометры: *а* — фреоновый манометр, *б* — манометр для воды и хладоносителей на компенсационной трубке, *в* — биметаллический термометр

рамки, куда манометр вставляется, затем фиксируется несколькими винтами и закрепляется на щите. При использовании заполненных маслом или глицерином манометров необходимо перед монтажом проверить их герметичность, так как при транспортировке стекло может дать трещину. Манометры присоединяют к системе с запорными вентилями, чтобы при проверке прибора или ликвидации поломки не останавливать всю установку (рис. 4.1*б*). Термометры и термодатчики присоединяются к трубе воды и хладоносителя в гильзе (рис. 4.1*в*). Гильза ввинчивается в бобышку, вваренную в трубу (внутри гильзы нарезана резьба, соответствующая резьбе термометра или термодатчика). Надо учесть, что длина гильзы может превышать диаметр трубы, поэтому гильзу необходимо вварить в отвод, что допускается при внутреннем диаметре гильзы не более Ду 25. Запрещена вварка нескольких гильз в один отвод, а также вварка в сварной шов. При вварке в отвод гильзу необходимо располагать горизонтально, чтобы поток всегда контактировал с ее стенками, поскольку на вертикальном участке поток может течь по стенкам, что приведет к погрешности в показаниях термометра или термодатчика.

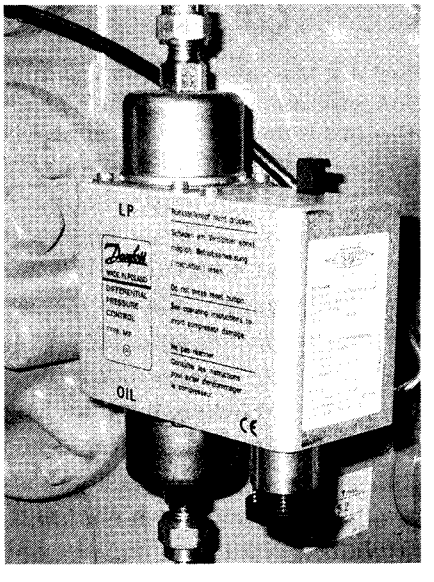
Распространены также биметаллические термометры, имеющие большой диаметр шкалы: место вварки гильзы необходимо тщательно выбрать так, чтобы ничто не мешало ввернуть термометр. После монтажа термометра, его фиксируют в гильзе небольшим винтом, предусмотренным в конструкции термометра.

При монтаже приборов автоматики с импульсными трубками (реле давления, дифференциальные реле разности давления и т. п.), корпус прибора необходимо прикрепить к щиту или любой ровной вертикальной поверхности, для чего в задней стенке прибора предусмотрены резьбовые отверстия, а в комплекте поставляется универсальный уголок для крепления (рис. 4.2*а*). Реле контроля смазки к большинству компрессоров крепятся при помощи двух винтов и комплектной металлической пластины к крышке картера со стороны масляного насоса (рис. 4.2*б*). К реле контроля смазки поставляют стальные трубки для подключения отбора давлений в специально предусмотренные штуцеры; трубки имеют накидные гайки. К остальным приборам импульсные трубки обычно не поставляются. Реле производятся как под пайку, так и под бортовку, аммиачные реле имеют гайку и стальной штуцер, к которому приваривается трубка. Для затяжки накидных гаек, во избежание повреждения соединения, обязательно использовать два рожковых ключа: одним удерживают шестигранник ниппеля, вторым — затягивают гайку.

Обычно во фреоновых системах (для экономии запорных вентилей и упрощения) несколько приборов, подключаемых стороне низкого или высокого давления, присоединяют к одной трубке: в этом случае требуется тройник, так как неопытному монтажнику сложно впаять импульсную трубку обычного диаметра Ду 6 в трубу такого же диаметра. Существует опасность заполнения прохода припоем, пайка выглядит неряшливо и малонадежна. Если отбор производится из трубы, для присоединения нескольких



*а*




*б*

**Рис. 4.2.** Реле давления: *а* — одинарное реле давления, *б* — дифференциальное реле давления (реле контроля смазки)

приборов можно впаять или вварить трубку Ду 20 и уже в нее, просверлив отверстия, врезать импульсные трубки. На импульсной трубке рекомендуется всегда делать компенсационную петлю, которая предотвратит передачу вибраций от трубы или агрегата к прибору автоматизации.

Накидную гайку на приборе всегда необходимо затягивать двумя гаечными ключами одновременно (рис. 4.3). В противном случае можно повредить корпус и внутреннее устройство прибора.

Реле подключаются в соответствии со схемами, прилагаемыми к ним заводами-изготовителями. Схемы очень разнообразны, так как каждый производитель рекомендует собственную. Кабель небольшого сечения вводится через сальник снизу прибора (рис. 4.4). В самом корпусе прибора выполнена клеммная колодка, куда кабель заводится и зажимается винтом. Одинарные реле давления имеют одну клеммную колодку, сдвоенные реле (по низкому и высокому давлению) — две. Прибор должен располагаться в защищенном (от брызг и капель с оборудования) месте. Реле давления имеют специальную клемму для заземления.

Датчики температуры (рис. 4.5), поставляются с хвостовиком, который нельзя укорачивать. При монтаже необходимо учесть, что длина датчика, монтируемого в трубопровод, не должна превышать его диаметра. Гильзы для термодатчиков принято наполнять маслом для повышения точности показаний. Кабель от термодатчиков заводят непосредственно на контроллер или другой управляющий прибор. Большие датчики температуры, распространенные в пищевой промышленности, в холодильной технике практически не используются. Датчики температуры конца оттаивания вставляются между ребрами воздухоохладителя (межреберное расстояние должно быть равно или немного меньше диаметра датчика).

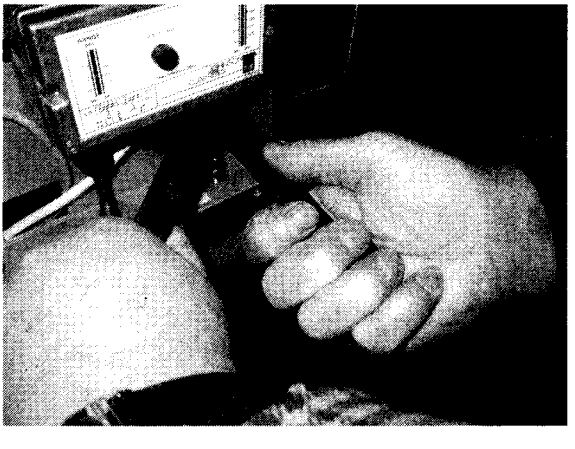


**Рис. 4.3.** Затяжка гаек на реле давления

Имеющие резьбовой хвостовик приборы — датчики давления, температуры и емкостные датчики уровня — присоединяются к трубопроводу при помощи резьбовой бобышки. Бобышки, как правило, не поставляют в комплекте с прибором, поэтому, измерив длину и диаметр резьбы, определив ее тип и шаг, продумав, в каком месте

и каким материалом будет производиться уплотнение, необходимо заказать их токарю.

Бобышки для впайки делают из латуни, для вварки — из стали той же марки, что и трубопровод, с уступом и резьбой, соответствующей резьбе хвостовика. При вварке нужно следить, чтобы капли металла не попали на нитки резьбы: их очень тяжело удалить, и впоследствии, при вкручивании прибора, его резьба может быть повреждена.

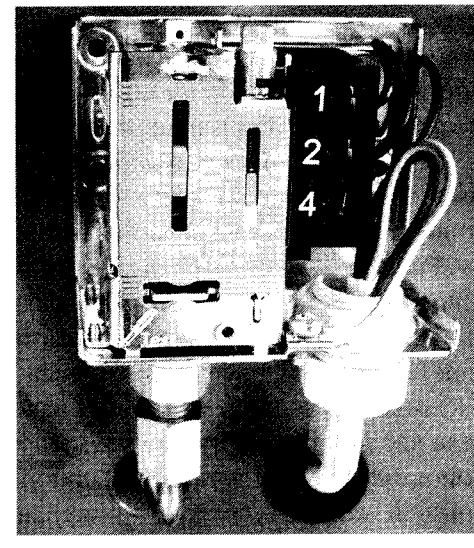



**Рис. 4.4.** Ввод кабеля в реле давления

Уплотнительную прокладку лучше ставить так, чтобы торец резьбового хвостовика прибора упирался в прокладку. Прокладку лучше всего вырубить из паронита, фторопласт менее предпочтителен, но очень удобен. При вкручивании, на резьбу, для дополнительной герметизации, следует намотать несколько слоев ленты фум.

Выпускается большой ассортимент бобышек и переходников для фреоновых систем, их можно заказать по каталогам. Для аммиачных систем бобышки и переходники выпускают только фирмы *Wika* и *Danfoss*, однако ассортимент их довольно мал, а сроки поставки и стоимость — велики. В приложениях приведены чертежи наиболее распространенных бобышек для аммиачных холодильных систем.

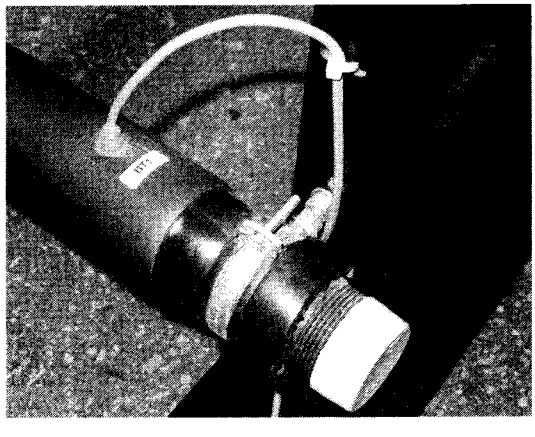


**Рис. 4.5.** Датчик температуры

Датчики давления особенно широко распространены в системах автоматизированного управления (рис. 4.6). Они имеют съемную головку со штекером, закрепляемую винтом; в головке расположена клеммная коробка, куда через сальник заводится кабель. Часто с датчиками давления поставляется отрезок кабеля, — его не следует укорачивать, это может повлиять на сигнал датчика.

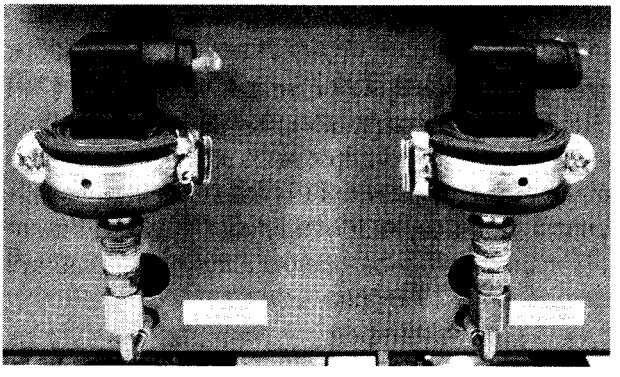


**Рис. 4.6.** Датчики давления

При монтаже датчики давления заземляют.

Термодатчики, термометры, датчики концентрации и емкостные датчики уровня для воды и хладоносителей ввинчиваются в резьбовые бобышки, вваренные в трубу или стенку бака. Уплотнение производится по резьбе лентой фум. Датчики уровня, выполненные в виде гребенки, монтируются на край бака при помощи винтов; при установке датчиков следует учесть, что баки обычно закрывают съемными крышками, поэтому надо следить, чтобы крышка и датчик не мешали друг другу.

Термостаты закрепляются на вертикальной поверхности при помощи винтов. В задней крышке термостатов предусмотрены резьбовые отверстия, в комплект поставки входит крепежная рамка. Крепление термобаллона аналогично креплению термобаллона ТРВ. Термостаты подключаются аналогично реле давления (рис. 4.7). Снизу, через сальник, вводится кабель и закрепляется в клеммной колодке. Термостаты заземляют через специально предусмотренную клемму.

ТРВ крепятся 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 и монтируют с учетом направления движения среды, указанного на корпусе стрелкой. ТРВ большой мощности состоят из тела вентиля, дюзы и верхней части, которая крепится к телу четырьмя винтами с внутренним шестигранником, поэтому для разборки требуются шестигранные ключи. Дюзы сменные, так

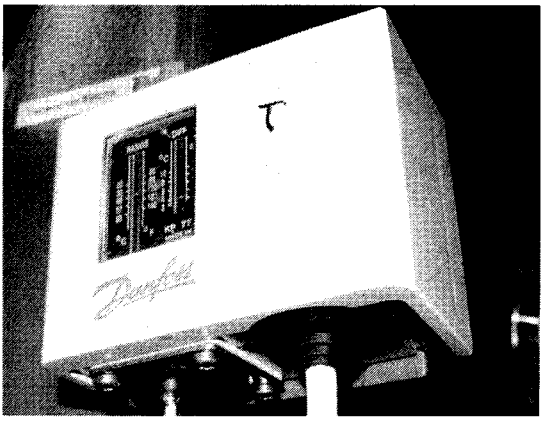


**Рис. 4.7.** Подключение термостата

как один ТРВ может использоваться на несколько производительностей, сверху на них выбит номер.

Регулировка ТРВ производится регулировочным штоком, для чего к ТРВ прилагается специальный ключ. Шток закрыт колпачком с конической резьбой, 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 привариваются трубы, фланцы стягиваются между собой шпильками. При сварке пламя горелки следует направлять в сторону трубы, чтобы не повредить корпус ТРВ (рис. 4.8а, б).

Капиллярную трубку к термобаллону прикрепляют так, чтобы она не контактировала с металлическими частями, так как при вибрации возможно ее истирание и, как следствие, потеря герметичности. Рекомендуется прокладывать капиллярную трубку поверх изоляции пластиковыми стяжными хомутами, либо (в месте крепления другим способом), обматывать трубку предохранительным слоем.

ТРВ с внешним уравниванием имеют уравнительную линию, представляющую собой трубку диаметром Ду 6, впаиваемую или вваривaемую во всасывающий трубопровод после испарителя. Присоединение уравнительной трубки производится на расстоянии не менее 100 мм после термобаллона по ходу движения холодильного агента. Трубка для уравнительной линии в комплект поставки не входит, к ТРВ она присоединяется 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 от-

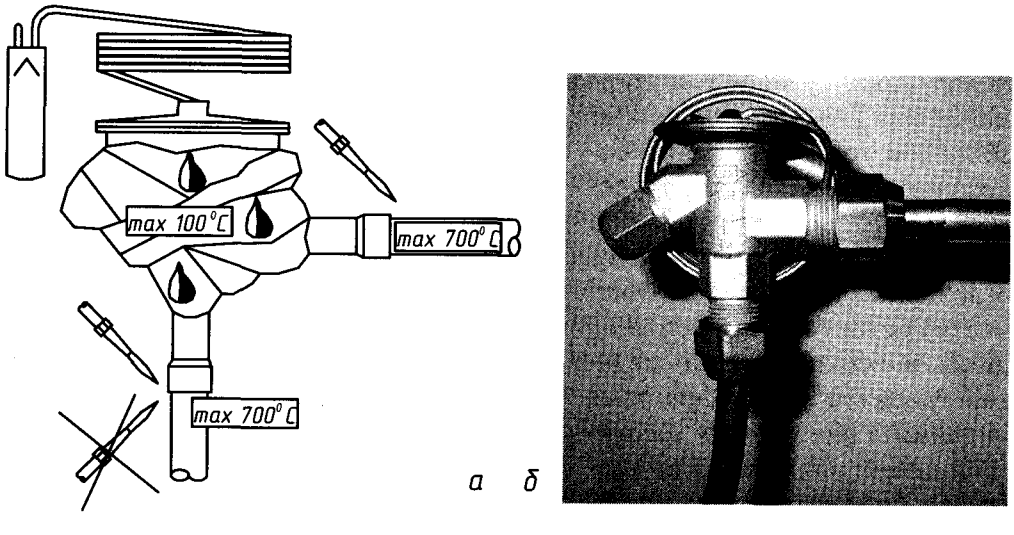



**Рис. 4.8.** ТРВ: *а* — условия пайки, *б* — внешний вид ТРВ с присоединением под накидную гайку

резок трубки большего диаметра (Ду 8) или специальную бобышку и лишь в нее врезать уравнительную трубку, — это обеспечит надежность соединения. Часто перед большим ТРВ ставится фильтр: он устанавливается между телом вентиля и фланцем и стягивается шпилькой с фланцем вентиля.

Электронные ТРВ монтируются аналогично, но вместо термобаллона и уравнительной трубки на выходе из испарителя в том же порядке закрепляются термодатчик и датчик давления от блока управления ТРВ (рис. 4.9*а, б*). Выпускаются электронные ТРВ под пайку и под сварку, фланцевые. Электронные расширительные вентили запрещено устанавливать катушкой и моторным приводом вниз; разрешается установка на вертикальных участках и под углом 90° С к трубе.

Первоначально расширительные клапаны были импульсными, но главным недостатком таких моделей являлся их краткий срок службы (от частых ударов седло разбивалось). В настоящее время для крупных холодильных установок используются расширительные клапаны, имеющие моторный привод, который ввинчивает и вывинчивает шток, что гораздо более надежно. Для малых холодильных установок в составе систем автоматизированного управления продолжают использоваться расширительные вентили импульсного типа. Следует учесть, что электронные расширительные вентили могут работать с ограниченным числом управляющих блоков и датчиков уровня, причем электронные ТРВ и блоки управления различных фирм-производителей, например *Siemens*, *Danfoss* и *Alco* несовместимы.

Соленоидный клапан (вентиль) состоит из тела и катушки. При пайке или сварке катушка снимается (рис. 4.10, *а*), и вентиль устанавливается в соответствии с направлением, указанным на теле стрелкой; установка катушкой

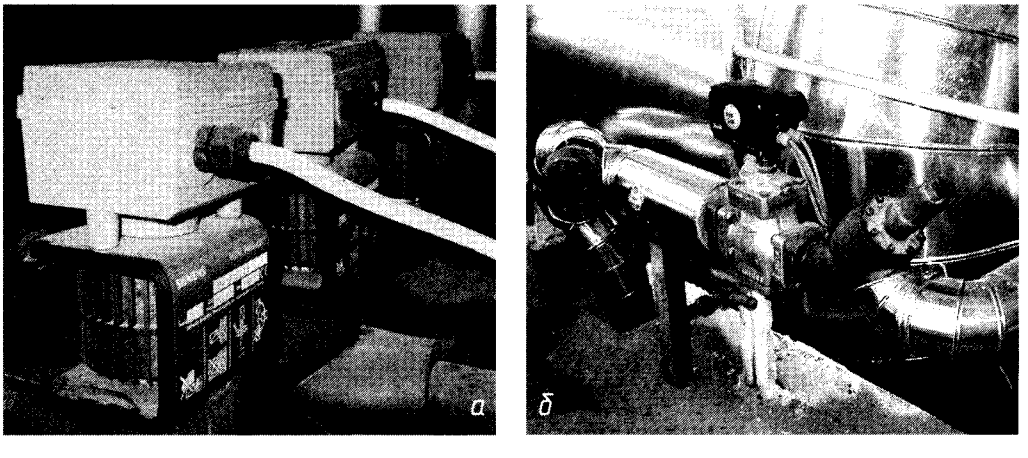



**Рис. 4.9.** Электронные промышленные ТРВ: *а* — *Siemens*, *б* — *Danfoss*

вниз запрещена. Соленоидные вентили для фреоновых систем выполняются под пайку (рис. 4.10*б*) и бортовку с медными патрубками, для аммиачных систем — на стальных фланцах под сварку, вентили больших производительностей — под сварку к корпусу вентиля. Присоединяемые на накидных гайках вентили лучше не применять. Вентили выполняются нормально закрытыми и нормально открытыми. Нормально закрытый вентиль при отсутствии напряжения на катушке имеет опущенный шток. При пайке и сварке к телу вентиль оборачиваются влажной тряпкой. При наличии фланцев их сначала снимают, приваривают к ним трубопроводы, а затем монтируют вентиль к фланцам, — при этом вентиль не подвергается нагреву, и в теплоизоляции во время монтажа нет необходимости. Внизу тела вентиля предусмотрены резьбовые отверстия для закрепления винтами.

Соленоидные катушки состоят из собственно катушки и съемной закрытой колодки, соединенных между собою винтами. Колодка имеет сальник, в который вводится кабель; катушка с колодкой надевается на шток и фиксируется крышкой. На современных катушках крышек нет.

Электронные ТРВ подсоединяются аналогично соленоидным клапанам. Моторные вентили подключаются как электродвигатель.

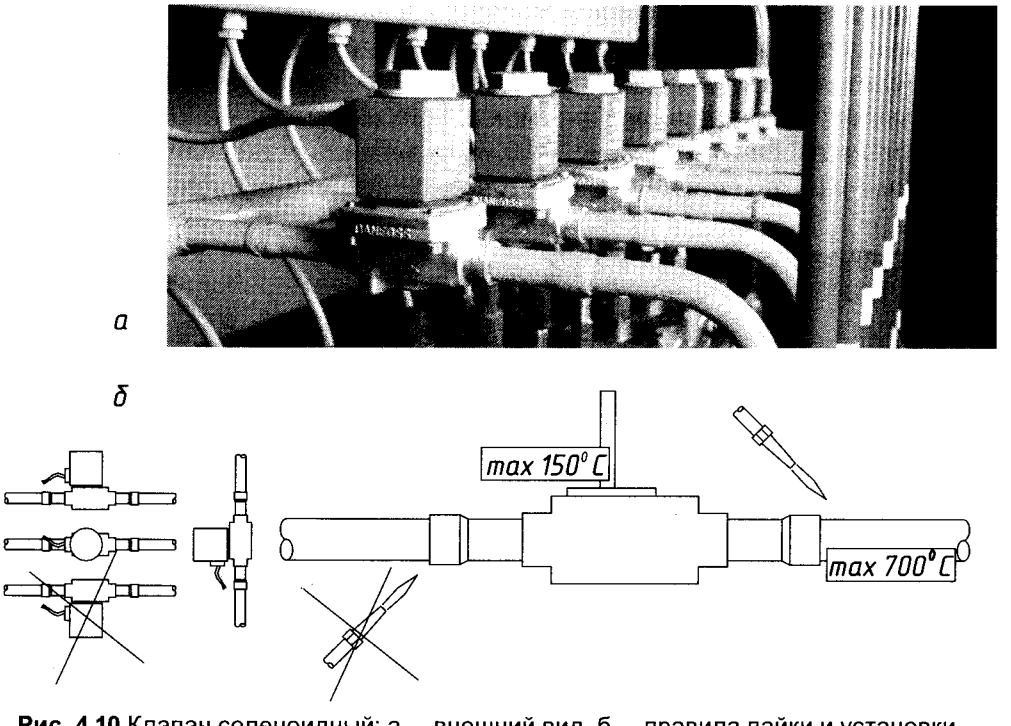



**Рис. 4.10** Клапан соленоидный: а — внешний вид, б — правила пайки и установки

Как правило, группу из запорных вентилей, фильтра, смотрового глазка, соленоидного вентиля и ТРВ называют «регулирующей станцией». Для небольших холодильных установок часто не предусматривают запорных вентилей, фильтры здесь не имеют сменных вставок и просто припаиваются в систему или монтируются на накидных гайках (рис. 4. 11). На крупных фреоновых холодильных установках фильтр имеет сменные вставки, поэтому, для удобства их замены, фильтр отсекается с двух сторон вентилями. Регулирующие станции на аммиачных и очень крупных фреоновых холодильных установках собираются из стальных элементов под сварку или фланец.

Фильтр на аммиачных установках выполняет функцию грязеуловителя; часто соленоидный вентиль имеет дополнительный фильтр на фланцах. Фильтр на фреоновой установке выполняет функцию фильтра-осушителя. На очень крупных холодильных установках вместо ТРВ могут быть установлены регулирующие вентили или поплавковые дроссельные устройства.

Электронные ТРВ все чаще применяют на крупных холодильных установках, поэтому регулирующую станцию, которую располагают в удобном для доступа машинистов или специалистов сервисных служб месте, следует считать отдельным элементом холодильной установки. Для крупных регулирующих станций дополнительно предусматриваются манометры с отсечными вентилями.

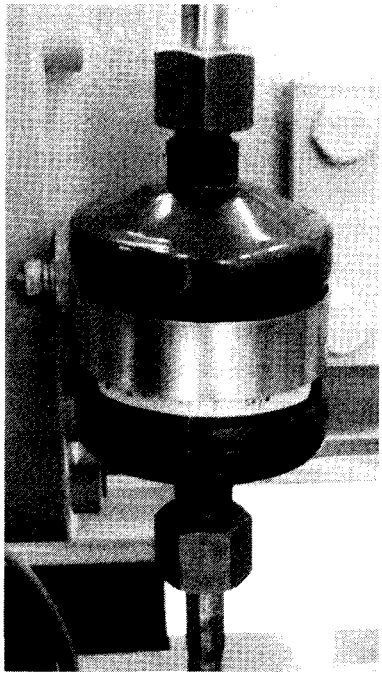


**Рис. 4.11.** Фильтр-осушитель

Регуляторы температуры и давления с пилотными вентилями имеют фланцы, к которым привариваются (для аммиачных и фреоновых систем) стальные трубопроводы и фланцы с латунными вставками к которым припаиваются медные трубопроводы (для фреоновых систем). Пилотные вентили ввинчиваются в регулятор сверху или сбоку, часть пилотных вентилей имеет собственные фланцы, соответственно под пайку или сварку. Они врезаются в трубопровод трубкой Ду 6–12 и присоединяются к регулятору накидной гайкой. При пайке и сварке вентиль отсоединяют от фланцев, которые приваривают к трубопроводам, а затем монтируют вентиль. В связи с большим весом вентиля, его требуется закрепить хомутами (рис. 4.12). Так как снизу и сверху у корпуса вентиля находятся штоки и заглушки, необходимо, чтобы к ним был доступ и достаточное расстояние от строитель-

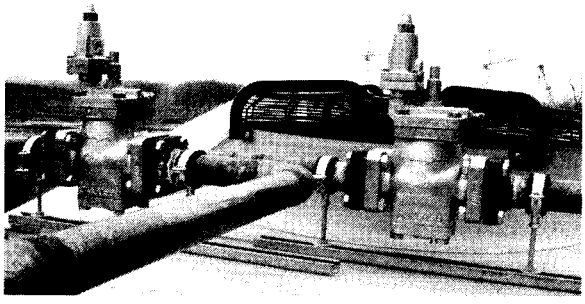


**Рис. 4.12.** Регуляторы давления конденсации с пилотным вентилем

ных конструкций и частей холодильной установки, так как в корпус могут быть ввинчены дополнительные приборы или при ремонте какой-то из них может демонтироваться. Ряд новых моделей не имеет фланцев, так как выполнен под сварку или пайку к корпусу.

Регулятор давления конденсации, регулятор производительности и регулятор давления в ресивере обычно угловые. Они производятся для фреоновых систем под пайку или бортовку, — присоединение имеет, соответственно, медные или латунные патрубки (рис. 4.13). Регулятор давления конденсации в схеме холодильной установки должен использоваться со специально выпускаемым обратным клапаном. На регуляторах присутствует также клапан Шредера: для присоединения шланга от манометрического коллектора или просто манометра.

Реле уровня присоединяются на приварных фланцах, и, как правило, ставятся на колонки ресиверов (рис. 4.14). Колонки ресиверов стараются располагать таким образом, чтобы датчики можно было увидеть, не подходя к площадке ресиверов из основного прохода. Главной проблемой при использовании низкокачественных холодильных масел является загустение масла в колонках, поэтому для периодической проверки реле снизу колонки подводится жидкий холодильный агент, иногда, для подогрева масла в колонках, сверху подводят пар, подаваемый на оттаивание.

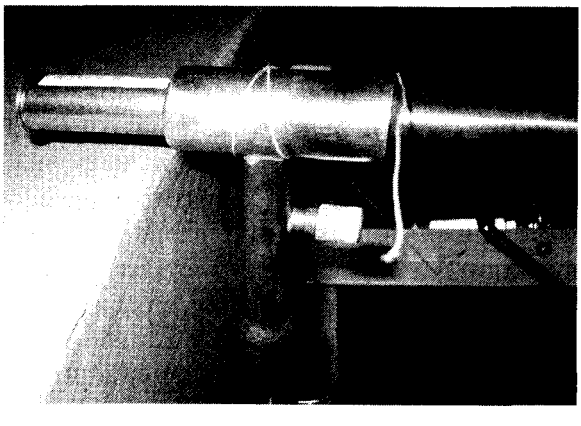


**Рис. 4.13.** Регуляторы давления в ресивере

Так как правилами запрещено использование для защиты и регулирования одного и того же прибора, в современных схемах реле уровня 38E применяются как аварийные, так и используется *AKS* для поддержания рабочего уровня, управления электронными расширительными вентилями, сигнализации предаварийного и нижнего уровня. Монтаж этого емкостного регулятора уровня несложен: он имеет

резьбовую часть, которую необходимо ввинтить в резьбовую бобышку, вваренную в верхнюю часть колонки. Прокладка используется комплектная, металлическая, уплотнение происходит по торцу, где выполнена бороздка.

Реле уровня подключаются через блок усиления, который может быть установлен на любом расстоянии от реле; для удобства он устанавливается, как правило, на колонке. Как в реле, так и в блок кабель вводится через сальник, как правило, такие приборы устанавливают на аммиачных холодильных установках, поэтому их класс защиты *IP* 55. В блоке усиления есть клеммная колодка, куда, в соответствии со схемой подключения, заводятся кабели.

Датчики уровня имеют съемные головки с клеммными колодками, куда заводятся кабели. Часто вместе с ними используются блоки усиления и блоки визуализации уровня жидкости. Информацию с таких датчиков можно заводить непосредственно на контроллеры и использовать для систем удаленного доступа.

Поплавковые регуляторы уровня изготавливаются из стали, патрубки присоединяются сваркой или пайкой, ниппели на накидных гайках со штуцерами изготавливаются под сварку или пайку (рис. 415 *а*). Крышка с ниппелями и поплавком крепится винтами и снимается при необходимости. В настоящее время крупные поплавковые регуляторы распространены мало, в основном они используются в принудительных системах возврата масла для небольших фреоновых компрессоров (рис. 4.15*б*). Электронные регуляторы уровня масла в картерах распространены в централях и многокомпрессорных холодильных установках, подключение их производится через сальник (рис. 4.15*в*).

В системах принудительного возврата масла применяют реле протока. Как правило, они поставляются полностью смонтированными на заводе. Присоединение осуществляется накидными гайками (рис. 4.16*а*). Реле протока для воды и хладоносителей с язычками на различные диаметры труб монтируются не в трубу, а на нее. Такие реле протока (рис. 4.16*б*) ввинчиваются сверху трубы в резьбовую бобышку, вваренную в трубу.

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

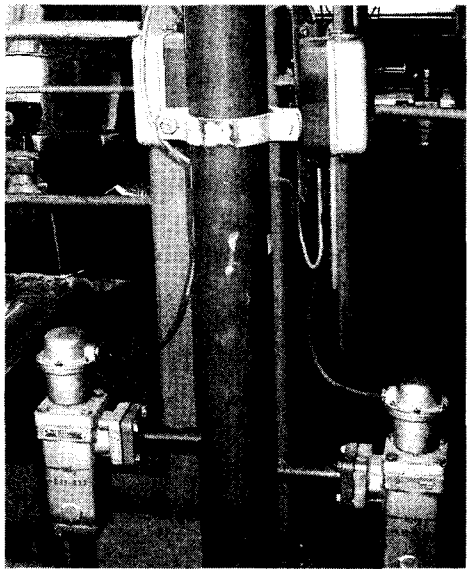


**Рис. 4.14.** Реле уровня 38E на колонке, видны блоки усиления

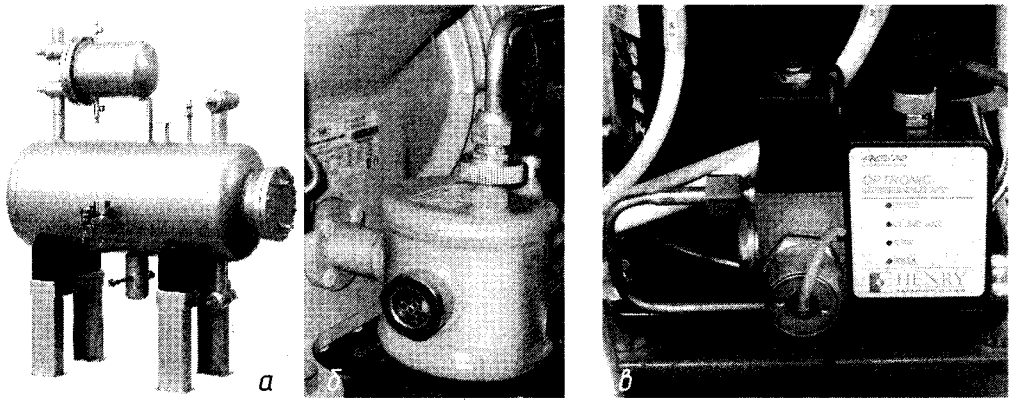


**Рис. 4.15.** Регуляторы уровня: *а* — регулятор поплавковый для жидкого холодильного агента, смонтированный на емкостном аппарате; *б* — поплавковый регулятор уровня масла в картере компрессора, *в* — электронный регулятор

(последние менее распространены). Шаровый запорный вентиль (на корпусе которого нанесена стрелка направления потока среды) при пайке необходимо обернуть влажной тряпкой; запрещено припаивать вентиль сальником вниз, пайку следует производить только в открытом положении (рис. 4.17).

Для фреонового шарового вентиля направление потока среды имеет значение; сальник закрывается резьбовой крышкой, которую часто заедает, поэтому на ней есть шлицы под ключ. Шток четырехгранный, откручивается рожковым гаечным ключом, имеет два положения «открыто» и «закрыто». Снизу вентиля расположены резьбовые отверстия для крепления. Мембранный запорный вентиль перед пайкой разбирают рожковым гаечным ключом; крепится вентиль за лапы или через крепежные отверстия снизу. Запрещено устанавливать вентиль сальником вниз. Чтобы не повредить мембрану, при монтаже следует учитывать направление потока. Маховик сальникового вентиля имеет два положения: «открыто» и «закрыто». Шаровые и мембран-

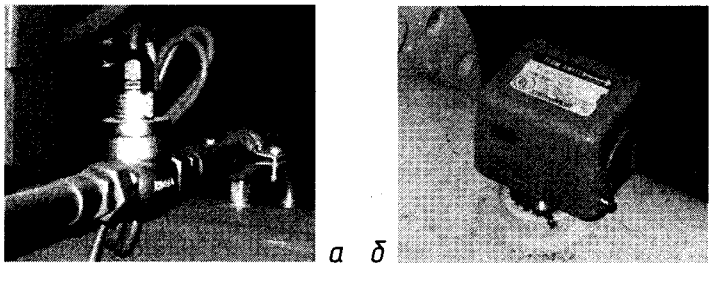


**Рис. 4.16.** Реле протока: *а* — реле протока системы принудительного возврата масла; *б* — реле протока для воды и хладоносителей

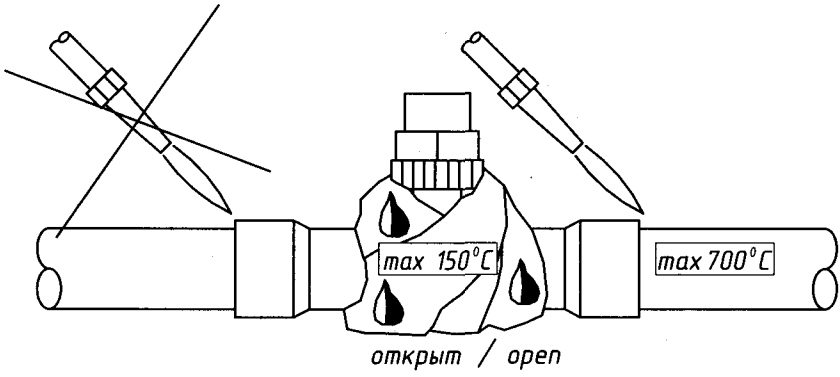



**Рис. 4.17.** Монтаж шарового запорного вентиля

ные запорные вентили запрещено использовать как регулирующие.

Стальные запорные вентили (рис. 4.18) при сварке разбирают, дополнительное охлаждение при монтаже для них не требуется. При установке следует учитывать направление потока. Эти вентили также запрещено устанавливать сальником вниз.

Кромки патрубков вентиля разделаны *V*-образно под сварку; вентили выполняются с маховиком и четырехгранным штоком, защищенным крышкой на резьбе, поэтому при монтаже необходимо учесть расстояние, необходимое для снятия крышки. Крепится вентиль винтами с шестигранными головками.

Для ревизии вентиль разбирается со стороны сальника рожковыми или торцевыми ключами. Требования к монтажу обратно-запорных вентилей аналогичны, так как они выполняются в корпусах обычных запорных вентилей. Эти вентили можно устанавливать только штоком вверх (рис. 4.19).

Выпускаются шаровые запорные вентили для аммиака (в том числе и цельносварные), диаметром до Ду 300 и более и дисковые затворы, однако в России их применение ограничено из-за отсутствия соответствую-

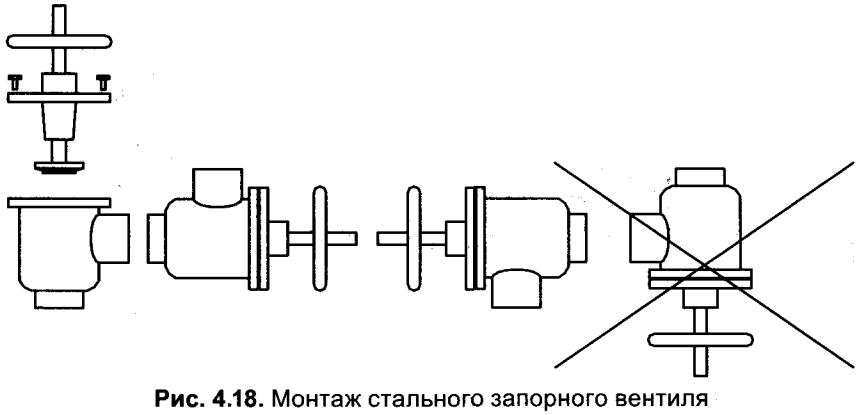


**Рис. 4.18.** Монтаж стального запорного вентиля

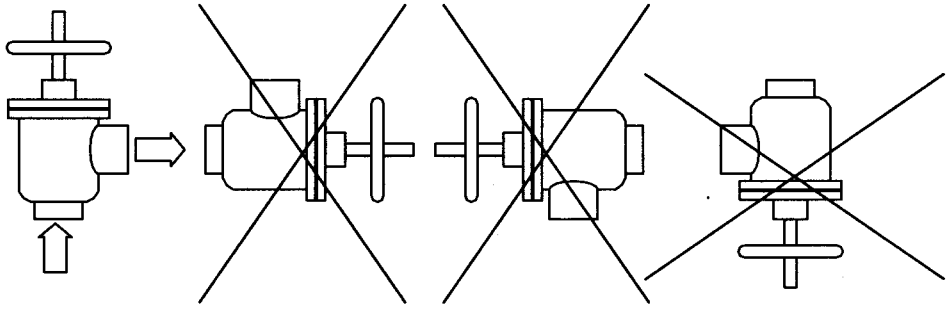


**Рис. 4.19.** Монтаж стального обратнозапорного вентиля

щих сертификатов. Вентили привариваются к трубам, патрубки их имеют *V*-образную разделку, затворы монтируются на фланцах. Запрещается устанавливать вентили сальником вниз.

Регулирующие вентили изготавливаются из стали, под сварку. Перед присоединением их необходимо разобрать рожковыми гаечными ключами, чтобы не повредить набивку сальника. Вентили имеют различные дюзы, позволяющие один и тот же вентиль использовать на разные производительности (рис. 4.20). Монтировать вентили сальником вниз запрещено.

Смотровые глазки выпускаются для фреоновых систем, под пайку и бортовку, с медными или латунными патрубками. При пайке их необходимо оборачивать влажной тряпкой (рис. 4.21), но при этом нельзя допускать попадания влаги внутрь, так как обычно в глазке стоят индикаторы влаги. Чтобы не применять дорогостоящий глазок при больших диаметрах трубопровода, достаточно врезать сбоку в середине трубы глазок Ду 6. Смотровые глазки для аммиака применяют довольно редко: изготавливаются они из стали, к трубам прикрепляются на фланцах.

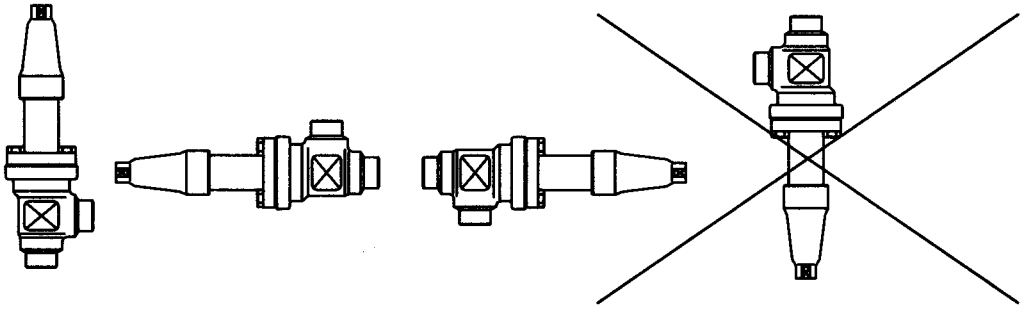


**Рис. 4.20.** Монтаж стального регулирующего вентиля

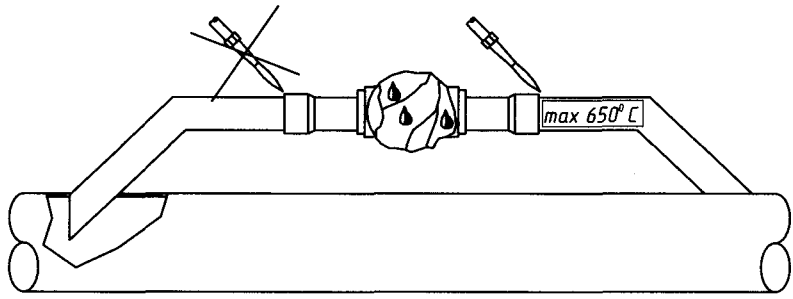
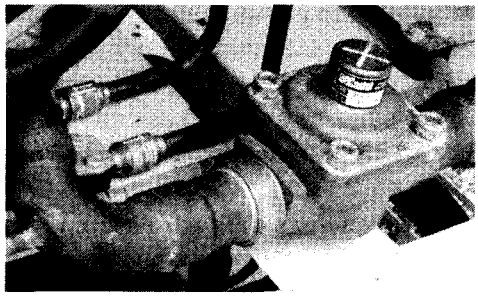



**Рис. 4.21.** Монтаж смотрового глазка

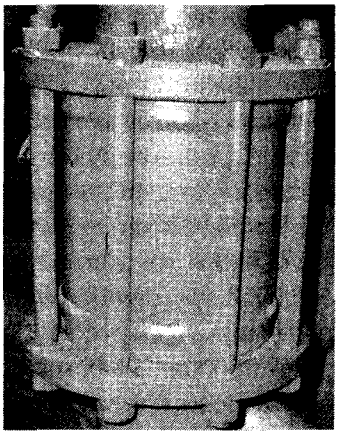
Обратные клапаны производятся для фреоновых систем — под пайку (клапан имеет медные патрубки) и под бортовку, фланцевые — под сварку и пайку; для аммиачных систем — только фланцевые под сварку (рис. 4.22*а, б*). У обратного клапана направление течения среды указано стрелкой на корпусе.

При пайке клапаны обматывают влажной тряпкой. Фланцы (если есть) перед монтажом снимают, затем приваривают или припаивают к трубопроводам и вновь собирают с обратным клапаном. Для аммиака и фреона выпускают стальные привариваемые обратно-запорные вентили, заменяющие обратный клапан. Существуют также специальные обратные клапаны для систем зимнего регулирования: они выпускаются только для фреоновых систем, под пайку или накидную гайку.

Запорная арматура для воды и хладоносителей в холодильной технике состоит (за редким исключением) из дисковых затворов (рис. 4.23) и муфтовых шаровых вентилей (фланцевых). Затворы используются от Ду 50, муфтовые шаровые вентили — от Ду 15 до Ду 50. Дисковые затворы закрепляются между фланцами; при этом уплотнительные прокладки не используют-



*а*



*б*

**Рис. 4.22.** Клапан обратный: *а* — различные латунные клапаны для фреоновых систем; *б* — универсальный обратный клапан для аммиака и фреона, здесь на фреоновой установке

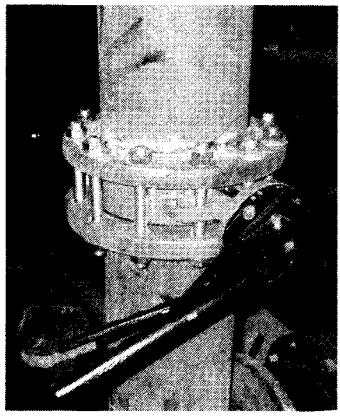


**Рис. 4.23.** Дисковый поворотный затвор с рукоятью

ся, так как на затворе предусмотрено резиновое уплотнительное кольцо.

Ни в коем случае не следует приваривать фланцы к трубопроводу со смонтированным затвором, так как все уплотнения и набивка расплавятся. Вначале приваривают фланцы, затем между остывшими фланцами закрепляют затвор. Диск затвора, корпус и прокладки выполняются из различных материалов (в зависимости от агрессивности протекающей среды): как правило, это чугун, алюминий и нержавеющая сталь. Диск может быть покрыт различными полимерными покрытиями. Для дискового затвора не важно направление течения среды, поворотную рукоять следует устанавливать таким образом, чтобы в рабочем положении она не мешала проходу. Большая часть затворов имеет фиксаторы, поэтому для поворота рукояти надо надавить на клавишу; в некоторых конструкциях предусмотрена предохранительная чека. В некоторых модификациях дисковых затворов для облегчения закрытия применяют червячную передачу, с ручным приводом (небольшой маховик). Такие маховики применяются на трубопроводах большого диаметра. Дисковые затворы могут быть оснащены электроприводом.

Монтаж дисковых затворов всех вышеописанных модификаций аналогичен монтажу затворов с рукоятями.

Муфтовые шаровые вентили разделяются на газовые (природный газ) и предназначенные для жидких сред (вода, хладоноситель). В вентилях разного вида применяются различные уплотняющие материалы. Кроме того, газовые вентили имеют желтый маховик, а водяные — красный.

Корпус вентилей — латунный (часто — хромированный), на корпусе выполнен шестигранник, за который вентиль навинчивается на трубу с помощью газового ключа. Выпускаются вентили с длинными рукоятями и с «бабочкой» (форма маховика напоминает бабочку). Желательно применять вентили с длинной рукоятью, так как они обычно открываются туго, а удобная рукоять уменьшает прилагаемые усилия.

Чтобы смонтировать вентиль на трубу, предварительно нужно 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. Сальником вниз монтировать запрещено.

В продаже имеется большой ассортимент различных сгонов, муфт, резьбовых поворотов и тройников, на которых и собираются шаровые вентили.

Несмотря на то, что резьба вентиля и хвостовика манометра совпадают, шаровые запорные вентили не следует применять в качестве отсекающих для манометров, так как при закрытии вентиля и вворачивании хвостовика до упора возможно повреждение резьбовой части манометра и выступа на торце.

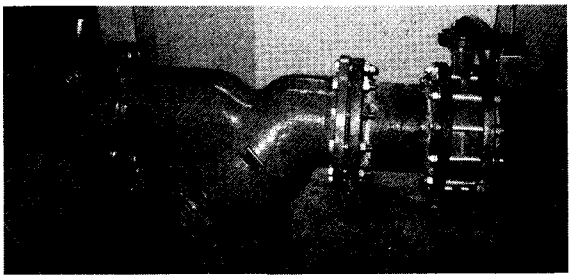


**Рис. 4.24.** Фланцевый фильтр для хладоносителя

Шаровый вентиль нельзя использовать в качестве регулирующего. На диаметры свыше 50 мм производят шаровые вентили с фланцами.

Фильтры для хладоносителей и воды выпускаются фланцевыме (рис. 4.24) и муфтовые (последние — до Ду 50). Во всех фильтрах предусмотрены сетчатые стаканы с различной величиной ячеи. В корпусе фильтра стакан закрыт крышкой: на малых фильтрах она ввинчивается в корпус на резьбе, на больших — прикрепляется винтами. В крышках больших фильтров предусмотрены резьбовые отверстия с заглушкой: ее демонтируют и в отверстие ввинчивают резьбовой переход, куда присоединяют вентиль для слива грязи, сечением не менее Ду 15.

Прокладки во фланцевых конструкциях обычно паронитовые, поэтому болты необходимо затягивать методом крестообразного обхода; муфтовые конструкции уплотняются по резьбе фум лентой. Для фильтра имеет значение направление потока среды, указанное стрелкой на корпусе.

Фильтры большого диаметра имеют проушины (для транспортировки краном). Часто отсекающие задвижки закрепляют непосредственно к фланцам вентиля, но лучше этого не делать, так как при повреждении фильтра (что, правда, маловероятно), весь хладоноситель или воду придется слить. К тому же можно повредить диск затвора, так как его края могут контактировать с внутренними поверхностями фильтра или грязевыми отложениями в нем. Следует учесть, что для чистки из фильтра достается сетчатый стакан, поэтому фильтр нужно устанавливать на достаточной высоте. Как правило, 400 мм от низа крышки фильтра до пола достаточно.

Обратные клапаны для хладоносителей и воды разделяются на фланцевые (рис. 4.25) и муфтовые (до Ду 50). Различают конструкции пружинные и дисковые; пружинные предпочтительнее, так как гораздо надежнее перекрывают поток. Пружинные обратные клапаны выпускаются фланцевые и муфтовые, дисковые — только фланцевые. Пружинные обратные клапаны можно устанавливать в любом положении, дисковые — только в горизонтальном.

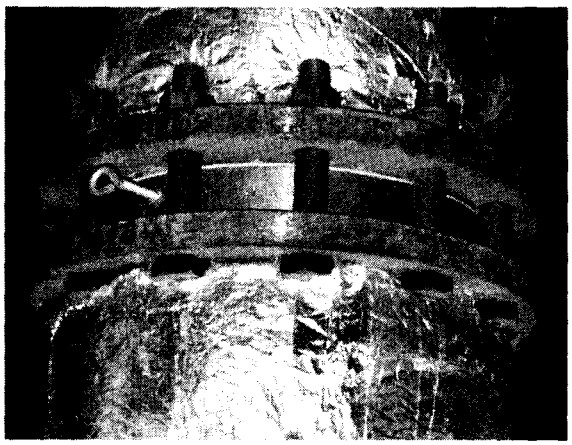


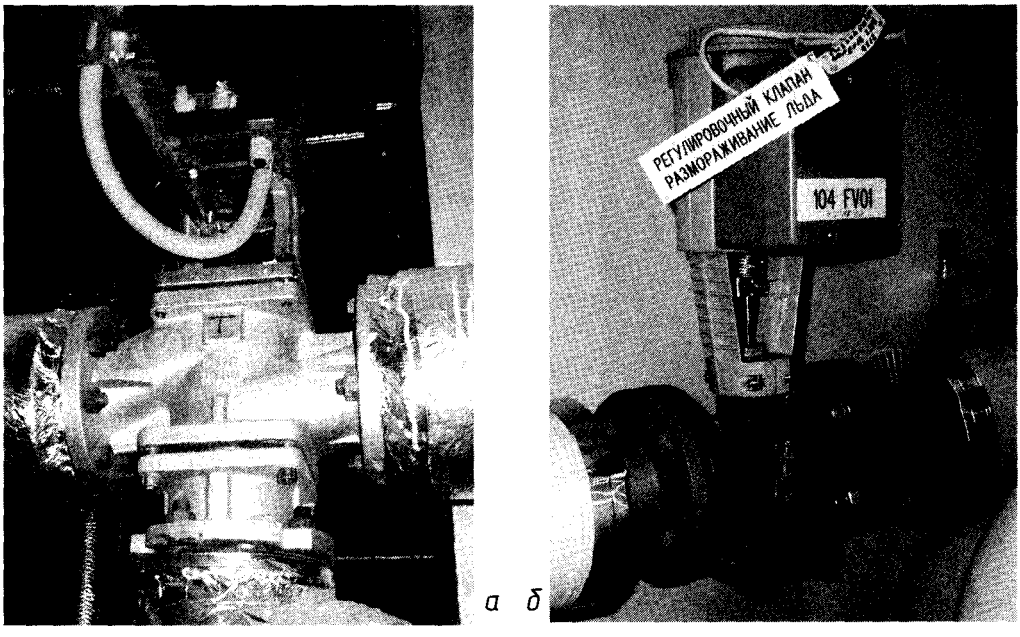
**Рис. 4.25.** Фланцевый дисковый обратный клапан для воды и хладоносителя

Дополнительных прокладок клапаны не требуют, так как в конструкции предусмотрен выступ из резины. На обратном клапане предусмотрена резьбовая шпилька, устанавливаемая со стороны петли, на которой закреплен диск. Как правило, обратные клапаны ставят на нагнетании насосов, перед которыми устанавливаются фильтры, поэтому они защищены от грязи.

Соленоидные вентили для воды и хладоносителей для труб малого диаметра выпускаются обычно муфтовые, для большого — фланцевые. Запрещено монтировать соленоидные вентили для холодильных агентов на линии воды и хладоносителя, так как проходное сечение их вскоре будет забито. Катушку соленоидного вентиля необходимо предохранить от брызг и капель влаги; запрещено устанавливать вентиль катушкой вниз. Перед водяным соленоидным вентилем обязательно нужно установить фильтр. Проточная часть вентиля достаточно небольшая, поэтому любая грязь, особенно в открытой системе, перекосит шток и вентиль перестанет закрываться.

Моторные вентили (рис. 4.26*а, б*), в том числе трех- и четырехходовые, а также вентили с пневмоприводом как правило фланцевые, могут применяться как для воды и хладоносителя, так и для холодильных агентов. Моторные вентили могут весить довольно много, это нужно учитывать при монтаже. Линии подачи сжатого воздуха монтируются специалистами в данной области по отличным от применяемых в холодильной технике нормативам. Применение пневматических приводов характерно для пищевых производств, где в технологических процессах используется сжатый воздух.

Водорегулирующие вентили устанавливаются на трубопроводы подачи воды, в кожухотрубные теплообменные аппараты. Выпускаются муфтовые и фланцевые вентили. При монтаже баллон закрепляется на выходящей из аппарата трубе поставляемыми в комплекте хомутами; трубку термобаллона следует закреплять, подкладывая мягкие вставки, чтобы исключить контакт с металлическими поверхностями. Закреплять лучше всего пластиковыми стяжными хомутами (рис. 4.27). Перед водорегулирующими вентилями следует обязательно устанавливать фильтр.




*а* *б*

**Рис. 4.26.** Вентили с приводом: *а* — 3-ходовой для воды и хладоносителей; *б* — моторный для воды и хладоносителей

Реле давления, дифференциальные реле разности давления для воды и хладоносителей закрепляются 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, трубка присоединяется на накидных гайках. Желательно предусмотреть вентили, позволяющие отсекать реле от системы для замены, импульсные трубки нежелательно вваривать в трубу по тем же соображениям. Эти приборы находятся вблизи аппаратов, где образуется обильный конденсат, поэтому место их установки надо выбирать особенно тщательно (чтобы конденсат, стекающий с аппарата, не попал в цепи и не вызвал замыкание).

Датчики давления, автоматические воздухоотводчики, предохранительные клапаны для воды и хладоносителей ввинчиваются в резьбовую бобышку, вваренную в трубу, и уплотняются по резьбе лентой фум (рис. 4.28). 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 устанавливается реле протока, а на прибор не должен попадать конденсат с аппаратов и трубопроводов.

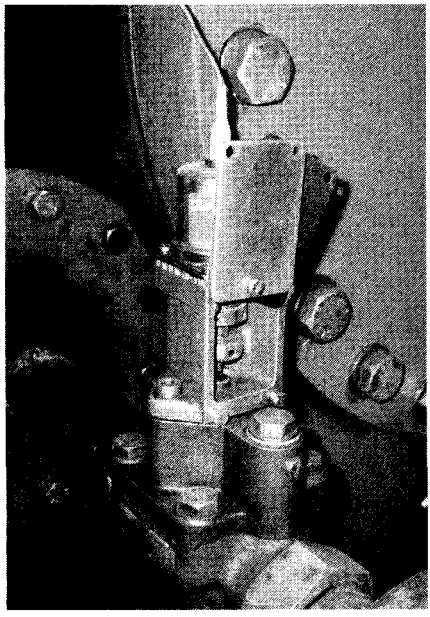


**Рис. 4.27.** Водорегулирующий вентиль на кожухотрубном маслоохладителе

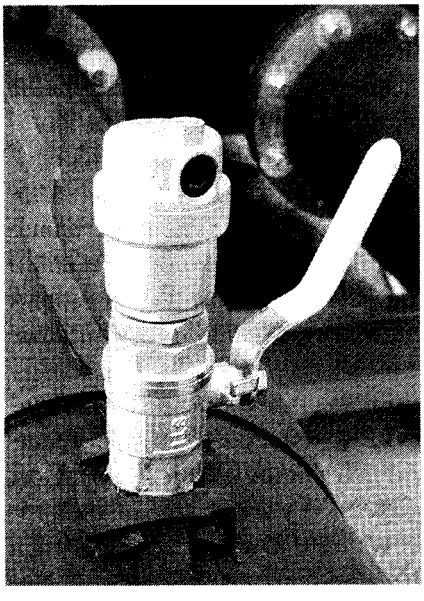


**Рис. 4.28.** Автоматический воздухоотводчик

Указатели уровня, устанавливаемые на водяных баках, баках хладоносителя и ресиверах, поставляются с вентилями; их достаточно вварить отборными трубками в стенку бака или ресивера на соответствующем уровне и в доступном для обслуживания месте (рис. 4.28). На небольших емкостях, типа расширительных бачков, делают упрощенный указатель уровня, для чего вваривают или впаивают две трубки, на них надевают прозрачный шланг, по которому можно определить уровень жидкости.

Прокладку сигнальных кабелей производят отдельно от силовых, во избежание наводок и искажения сигналов, расстояние между ними должно быть не менее 150 мм.

Сигнальные кабели укладывают на лотки, в короба, или ведут отдельно; в холодильной технике используют только медные кабели, обычно сечением 0,7–1,5 мм$^2$. Некоторые приборы требуют для защиты сигнала экранированных кабелей: это указывается в кабельном журнале и инструкциях по монтажу. Сигнальные кабели закрепляются к таким же лоткам лестничного типа, как и силовые, однако из-за малого веса сигнальных кабелей можно использовать лотки, выдерживающие минимальные нагрузки. Часто используют лотки или просто металлорукав большого сечения.

Для некоторых приборов, поставляющихся с отрезком кабеля, нужно предусмотреть распаечные коробки для наращивания кабеля. Кабель, пришедший с прибором, нельзя укорачивать, так как для точности показаний приборов важно его сопротивление.

Не рекомендуется прозванивать приборы КИПиА, так как сигнал мульти-

метра может повредить цепи некоторых приборов. Приборы автоматизации лучше размещать группами, на щитах, где легко считать и откорректировать уставки, производить сервисное затягивание накидных гаек, защищать подводимые кабели общим коробом или рукавом. Кабели не должны подводиться с натягом или излишним запасом (максимум — на одну-две разделки, 100–200 мм).

Приборы, устанавливаемые на улице и в технологических цехах, необходимо тщательно герметизировать, а при возможности защищать козырьками, навесами или размещать в местах, недоступных для влаги. Часто приборы устанавливаются в технологических цехах и холодильных камерах, где перемещают грузы, — в таких помещениях приборы и кабели нужно монтировать в местах, свободных от проезда техники и провоза грузов, по возможности, защитив колесоотбойниками или противоударными кожухами.

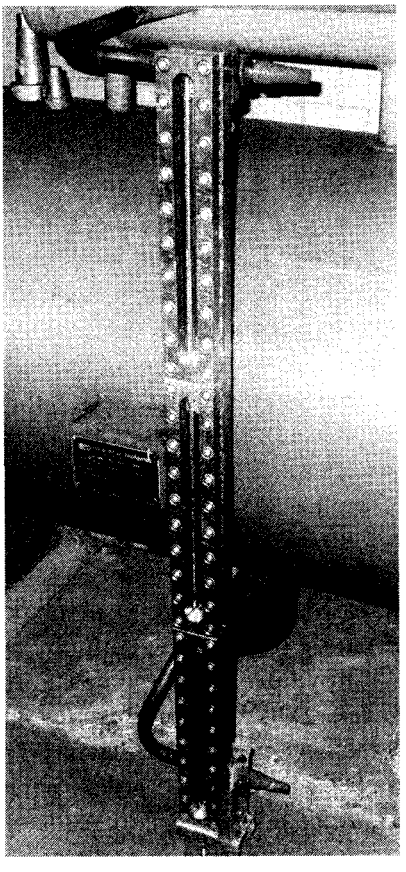


**Рис. 4.29.** Указатель уровня (стекло Клингера) на ресивере

Все кабели, расположенные ниже 1,8 м, необходимо защищать металлрукавами и коробами. Расклюая многочисленные кабели, нужно тщательно запоминать последовательность подключений, потому что искать неправильно выполненное подключение в сотнях или тысячах соединений гораздо труднее, чем сразу тщательно выполнить монтаж. При затягивании винтов клеммных колодок приборов, выполнении распаек, соединений кабелей для систем управления и автоматизации следует помнить, что недостаточная затяжка или некачественное соединение может привести к сбоям работы оборудования. Кабели ни в коем случае не должны соприкасаться с вибрирующими и движущимися частями оборудования.

## 4.2. Силовое электрооборудование

Двигатель закрутится не в том направлении.

*Законы Клипштейна в приложении к производству*

Силовые кабели, подводящие электропитание к силовым щитам, прокладывают представители специализированных организаций. Прокладка кабелей от силовых щитов к щитам автоматизации, оборудованию и приборам КИПиА, а также прокладка сигнальных кабелей обычно входит в полномочия организации, имеющей лицензию на монтаж холодильного оборудования.

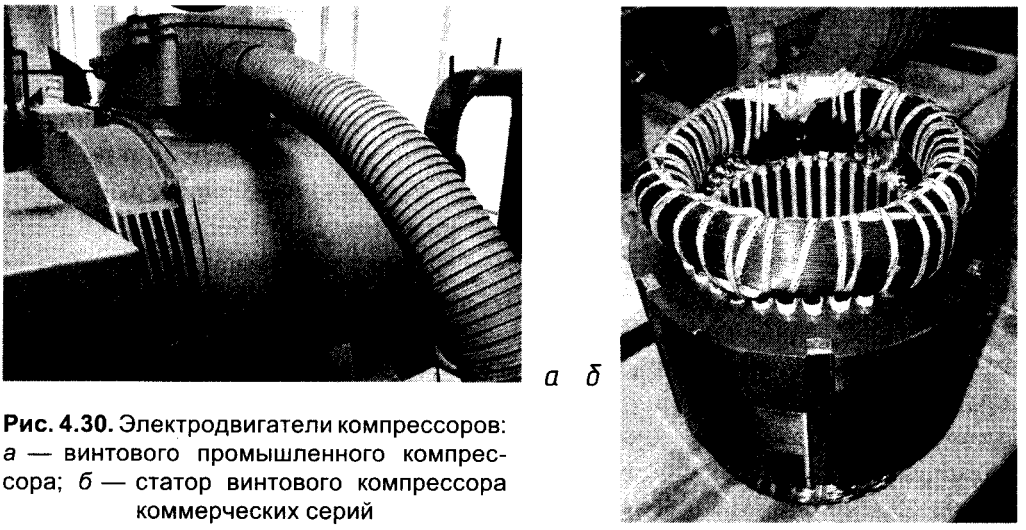
Компрессоры — как герметичные, так и полугерметичные — имеют встроенные электродвигатели: трехфазные 380ВΔ/400ВY/3/50Гц±10 % (рис. 4.30 *а*) или однофазные 230В/1/50Гц±10 %. Частота сети — 50 Гц, однако, по запросу электродвигатель может быть исполнен для частоты 60 Гц. В случае, если агрегат предназначен для работы в стране со специфическими параметрами электросети, требуемый электродвигатель практически всегда можно получить по запросу.

Крупные компрессорные агрегаты комплектуются трехфазным электродвигателем 400ВY/3/50Гц±10 %, закрепленным на раме. Для них также могут поставляться электродвигатели на 6000 В, 10 000 В, а также постоянного тока. Двигатели на 6000 В и более применяются, если заказчик не имеет трансформаторной подстанции, но ему необходимо применять крупные компрессорные агрегаты.

Для электропитания агрегатов и приборов в холодильной технике используются только медные кабели, — об этом необходимо предупредить организацию, подводящую кабели к силовым щитам, так как алюминиевые и медные кабели несовместимы, а переходники значительно затрудняют монтаж и создают проблемы в эксплуатации.

Раскладку кабеля рекомендуется начинать от щита к агрегатам, кабель и гнездо в колодке обязательно маркируются. 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. Можно использовать для маркировки цвет изоленты, которой обматывается место стыковки наконечника и жилы кабеля, например: красный — электродвигатели, синий — соленоидные и моторные вентили и так далее.

В колодку жилы необходимо вставлять всегда в определенном цветовом порядке, например: синий, коричневый, черный, земля (желто-зеленый в полоску). Кабель раскладывается на лотках и закрепляется на поперечи-



*а* *б*

**Рис. 4.30.** Электродвигатели компрессоров: *а* — винтового промышленного компрессора; *б* — статор винтового компрессора коммерческих серий

нах пластиковыми хомутами, при этом желательно укладывать кабели так, чтобы они не пересекались друг с другом и 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 строительным пистолетом, внутри кабели не закрепляются.

Прокладка кабелей, лотков и коробов выполняется под прямым углом, без отклонений от вертикали или горизонтали (не обязательно, но желательно). При прохождении кабелей сквозь стены необходимо предусмотреть защитные гильзы (отрезок трубы). При проектировании новых холодильных установок, строители, как правило, предусматривают специальные проемы для прохода кабелей. Кабели часто раскладывают наверху: так они не мешают проходу. Для защиты от механических повреждений и грязи к клеммным коробкам электродвигателей агрегатов кабель спускается на вертикальных лотках, в коробе или, если кабелей не слишком много, в металлическом или пластиковом рукаве. Рукав надевается на кабель, для его защиты от механических повреждений. С высоты 1,8 м рукав закрепляется к стене клипсами или полосами, к металлоконструкциям или рамам агрегатов — пластиковыми хомутами. Кабель подводится к клеммной коробке электродвигателя, которая располагается вверху, сбоку или сзади электродвигателя. Ввод кабеля в клеммную коробку производится через сальники, расположенные сбоку клеммной коробки. Часто сальники с небольшими компрессорами не поставляются, но со всех четырех сторон коробки выполнены заглушки разного диаметра — их необходимо высверлить или выбить отверткой. В отверстие

следует дополнительно вставить сальник, который предотвратит попадание воздуха в клеммную коробку.

Так как корпус электродвигателя компрессора или насоса часто имеет отрицательную температуру, 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. После того как кабель отрезан и введен в клеммную коробку, его разделывают: то есть снимают верхний слой изоляции на участке необходимой длины, обнажая жилы. Место, где прекращается верхняя изоляция, и начинаются жилы, укрепляется изолентой; верхний слой изоляции чаще всего аккуратно срезают ножом. Затем зачисткой или ножом снимается изоляция окончания жилы, чтобы ввести ее в клеммы компрессора. Устройство клемм бывает разным, в зависимости от мощности и конструкции электродвигателя, но обычно они представляют собой колодки или резьбовые штыри, где жила закрепляется 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, который должен быть медным (на заводе их облуживают, поэтому наконечник имеет цвет припоя), наконечник 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, чтобы надеть меньший по сечению наконечник, так как жилы не должны иметь надрезов и повреждений изоляции. Затяжка винтов и гаек должна быть как можно более плотной. Каждый агрегат должен быть обязательно заземлен, для чего в клеммной коробке предусмотрен штырь, жила для этого берется обычно желто-зеленая. Во всех современных электродвигателях предусмотрены встроенные в обмотку датчики температуры, позволяющие отключать электродвигатель при превышении температуры обмоток. Гнездо для присоединения кабелей, проводящих сигнал от термодатчиков к щиту, находится либо в общей колодке, либо отдельным резьбовым штырем.

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 трехфазного электродвигателя легко изменить, поменяв местами фазы в клеммной коробке или в щите, где удобно.

Большинство современных компрессоров защищено от перекоса и выпадения фаз, они имеют задержку перед повторным включением 3–5 мин, контроль температуры обмоток и направления вращения. Наиболее популярным прибором контроля является *INT* 69 (контроль температуры обмоток, рис. 4.31), поставляемый комплектно. Приборы устанавливаются непосредственно в клеммной коробке компрессора, их питание подключается к клеммам.

В большинство современных компрессоров встроен ТЭН подогрева картера или маслоотделителя (обычно однофазный), на спиральные компрессоры он надевается снаружи (рис. 4.32*а*). 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. 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. 4.32*б*).

Насосы для холодильных агентов, хладоносителей и воды подключаются как электродвигатель. Датчик температуры обмоток в них встроен. К насосу подводятся два кабеля, клеммная коробка расположена сбоку или сверху (консольные и герметичные насосы), сальники необходимы из-за конденсации влаги в коробке. Следует учитывать, что датчики температуры могут работать только с реле, производимым заводом. Насосы для воды и хладоносителей могут быть сдвоенными, при этом второй электродвигатель резервный. На некоторые насосы ставятся частотные преобразователи, позволяющие изменять частоту вращения вала насоса, тем самым управляя его производительностью. Частотные преобразователи могут находиться непосредственно на электродвигателе насоса (устанавливаются на заводе) или отдельно. Электродвигатели насосов могут быть как трех- (380В/400ВУ/3/50Гц±10%), так и однофазными (230В/1/50Гц±10 %). Для аммиачных холодильных установок степень защиты электродвигателя должна быть не ниже *IP* 55.

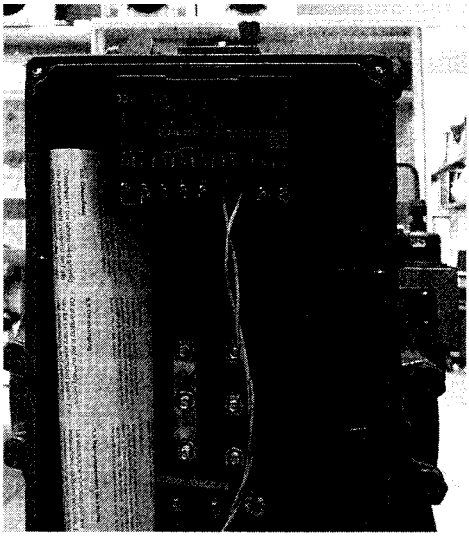
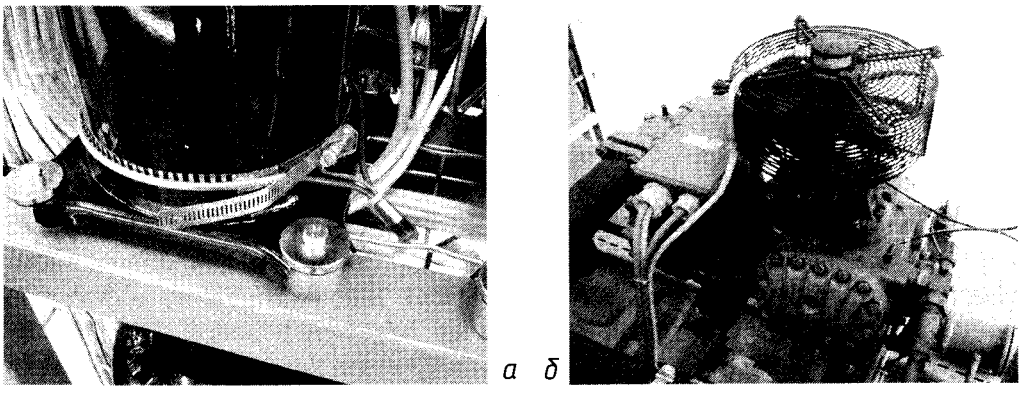


**Рис. 4.31.** Клеммная коробка компрессора с установленным *INT*69



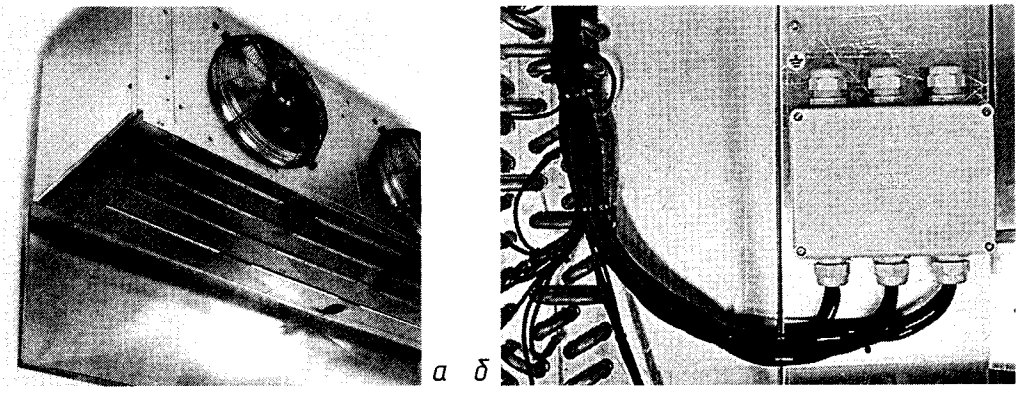
*а* *б*

**Рис. 4.32.** Электроподключение: *а* — внешний ТЭН обогрева масла; *б* — вентилятор обдува головок цилиндров поршневого компрессора

Особенностью подключения электродвигателей воздухоохладителей, конденсаторов, воздушных охладителей жидкости (драйкулеров) и масла и градирен является то, что обычно завод-изготовитель не делает кабельную разводку от вентиляторов к клеммным коробкам. 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 объемный поток воздуха будет меньше необходимого и аппарат не обеспечит 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.

Воздухоохладители, используемые для низкотемпературных камер, иногда имеют опцию обогрева обечайки вентилятора, поэтому необходимо предусмотреть электропитание обогревающего кабеля, по мощности часто сравнимого с мощностью вентилятора. В случае использования электрооттаивания, к подключению электродвигателей воздухоохладителей добавляется подключение ТЭНа от оттаивания. Для предотвращения замерзания талой воды в поддоне воздухоохладителя заводом-изготовителем может встраиваться ТЭН или кабели обогрева поддона (рис. 4.33*а, б*).

На сливной трубе необходимо разместить нагревательный кабель (гибкий ТЭН или кабель обогрева). Обогревающие кабели необходимой мощности крепят к трубопроводу алюминиевой самоклеющейся фольгой, оставляя провисы. Затем провисы наматывают на трубопровод и защищают алюминиевой фольгой по всей длине. Фольга необходима для защиты обогревающего



*а* *б*

**Рис. 4.33.** Электрооборудование воздухоохладителя: *а* — ТЭНы обогрева поддона; *б* — клеммная коробка и ТЭНы оттаивания

кабеля после покрытия трубы изоляцией. Пересечение кабелей недопустимо. Также возможна укладка по длине трубопровода, если длина нагревательного кабеля и трубы совпадает, 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, тогда кабель станет гибким. Включать смотанный в бухту кабель запрещается. Питание обогревающего кабеля осуществляется из клеммной коробки воздухоохладителя или из щита. Обогревающие кабели воздухоохладителей однофазные, их необходимо заземлять.

Силовые щиты поставляются готовыми к монтажу. Щиты необходимо установить на ровную поверхность и закрепить на винтах. В некоторых случаях закрепление не требуется (рис. 4.34). 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 и схемы. Часто производители вкладывают документацию в специальные карманы внутри щитов или прикрепляют в прозрачных папках к внутренней стороне дверцы. Нередко клеммные колодки уже пронумерованы и надписаны на заводе-изготовителе в соответствии со схемой холодильной установки. Щиты имеют высокую степень защиты (минимум *IP* 44, в аммиачных системах – *IP* 55) и сальниковые вводы. Наличие внутри щитов конденсата или попадание в них влаги недопустимо. Дверца щита должна быть оборудована резиновой прокладкой. Ввод кабелей осуществляется сверху или снизу, соответственно сальники

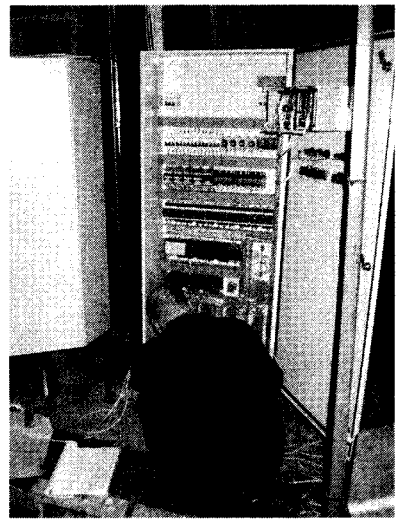


**Рис. 4.34.** Монтаж кабелей в щите

расположены снизу или сверху. Монтажникам необходимо в соответствии со схемами 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 провисом, подводимый кабель должен иметь запас на несколько разделок (100–300 мм). При монтаже необходимо соблюдать осторожность и проверять наличие напряжения в щите. Предпочтение при выборе следует отдавать щитам, имеющим рубильник, не позволяющий открыть щит без обесточивания. Каждый кабель должен быть оборудован металлической или пластиковой биркой с номером кабеля (в соответствии со схемами). Дополнительно можно применять цветовую разметку изоляционной лентой, при этом кабели электродвигателей, соленоидных клапанов и приборов автоматизации отмечаются перчатками из изоляционной ленты определенного цвета. При монтаже необходимо располагать кабели на рабочем месте таким образом, чтобы их не повредили при транспортировке грузов, паечных и сварочных работах.

Сегодня получают распространение регуляторы частоты вращения электродвигателя (рис. 4.35). Для компрессорных агрегатов они применяются редко, так как данные агрегаты имеют свои системы регулирования производительности, менее дорогостоящие и эффективные. Регуляторы частоты

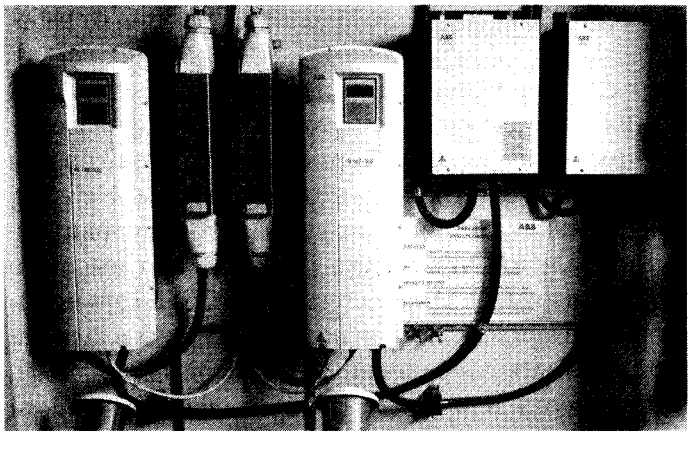


**Рис. 4.35.** Промышленные регуляторы частоты

вращения применяются в холодильной технике и кондиционировании для изменения характеристик насосов и вентиляторов. Монтаж таких приборов осуществляется в щит, в линию между автоматом и электродвигателем. Самые современные модификации регуляторов крепятся непосредственно на клеммной коробке или сверху электродвигателя. Часто с помощью регуляторов 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 невелика, почти всегда установка регулятора частоты вращения, переточка колеса и тому подобные действия ведут к сгоранию электродвигателя насоса.

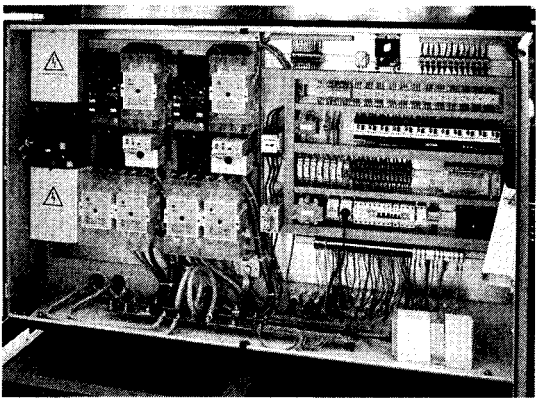


**Рис. 4.36.** Внешний вид совмещенного силового щита и автоматизации

Внешний вид совмещенного силового щита и автоматизации показан на рис. 4.36. Как видно, слева расположены вводные автоматы и магнитные пускатели, справа — реле и контроллеры.

## 4.3. Пусконаладочные работы

Любое устройство, требующее
наладки и регулировки, обычно не
поддается ни тому, ни другому.
*Универсальные законы*
*для молодых инженеров*

После подключения силовых и сигнальных кабелей следует проверить правильность проведенных работ. Для этого применяют тестер с функцией прозвонки. Один из монтажников ставит в щите временную перемычку, второй находится у агрегата или прибора. Тестером проверяют замкнуты кабели или нет, так как при монтаже кабели могли перепутать, включить в несоответствующие клеммные колодки, либо повредить. Если кабели подключены в нужные клеммы, временную перемычку снимают и переходят к следующим кабелям. Так необходимо проверить все кабели: занятие это долгое и кропот-

ливое, но помогает избежать поломки дорогостоящего оборудования в самом конце монтажа.

После проверки правильности подключения контролируют направление вращения валов трехфазных электродвигателей агрегатов. У крупных компрессорных агрегатов в щитах предусмотрена защита от неверного направления вращения, но на этом этапе муфты компрессора и электродвигателя разъединены и электродвигатель запускается отдельно.

В документации изготовителя оборудования всегда указано верное направление вращения электродвигателя; в случае, если при пробном запуске двигатель крутится в обратную сторону, следует перекинуть фазы в щите или клеммной коробке электродвигателя, обычно это проще сделать в щите. Направление вращения важно для винтовых и спиральных компрессоров, для поршневых компрессоров оно 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. Направление вращения указано с обратной стороны электродвигателя, на решетке, закрывающей вентилятор, охлаждающий электродвигатель.

## 4.4. Настройка приборов автоматизации

Все можно наладить, если вертеть в руках достаточно долго.
*Второй закон Вышковского*

Настройка требуется для реле давления, дифференциальных реле давления, термостатов и терморегулирующих вентилей. Все реле давления и термостаты устроены примерно одинаково, поэтому регулировочные винты располагаются сверху. Механические ТРВ имеют разнообразные конструкции, поэтому их настройка осуществляется штоком, расположенным снизу или сбоку прибора.

Реле давления практически всегда настраивается регулировочным винтом, расположенным сверху. Регулировочные винты зафиксированы в определенном положении пластинкой, перед настройкой ее необходимо снять (рис. 4.37). Пластинка необходима для фиксации винта в настроенном положении, чтобы (случайно или от вибрации) настройка не сбилась. Контро-

лировать настройку можно по полозку на шкале давления, расположенной на лицевой стороне прибора. Не следует задавать на реле давления слишком малый дифференциал, так как в противном случае холодильная установка, управляемая по давлению, или вентилятор будут слишком часто включаться и выключаться. Не следует задавать и слишком большой дифференциал, так как параметры работы установки могут выйти за рабочие пределы. Увеличение уставки и дифференциала у реле давления, как правило, происходит вращением регулировочного винта против часовой стрелки, уменьшение — по часовой стрелке (рис. 4.38). У различных производителей и у различных приборов один оборот винта изменяет настройку на разную величину, как правило: для уставки реле низкого давления — 0,7 бар, для уставки реле высокого давления — 2,3 бар, для дифференциала реле низкого давления — 0,2 бар, для дифференциала реле высокого давления — 0,3 бар.

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 и дифференциала у сдвоенных реле давления, как правило, происходит вращением регулировочного винта по часовой стрелке, уменьшение — против часовой стрелки. Реле давления с автоматическим возвратом не имеют кнопки *Reset*, реле с ручной деблокировкой — имеют. Следует учесть, что ряд реле имеет несколько кнопок сброса, одна — снаружи прибора, вторая — внутри корпуса.

Ряд дифференциальных реле давления, используемых для воды и воздуха, уже настроены на заводе и не могут регулироваться. Такие реле обычно приходят уже смонтированными на агрегатах. Дифференциальные реле давления для масла или реле контроля смазки поставляются и нерегулируе-



**Рис. 4.37.** Выкручивание стопорного винта фиксирующей пластины на реле давления

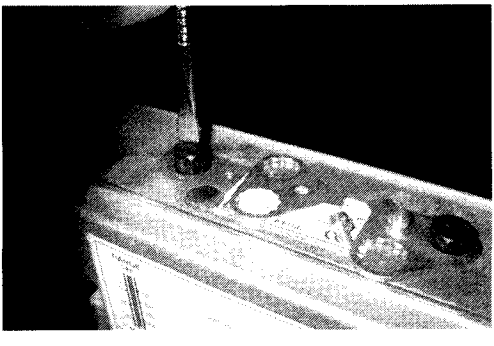


**Рис. 4.38.** Настройка реле давления, видна снятая фиксирующая пластина, вторая не снята

мыми и регулируемыми. На лицевой стороне нерегулируемых реле шкалы нет, у регулируемых — такая шкала предусмотрена; регулировочный винт находится внутри, для доступа к нему необходимо снять крышку. Увеличение дифференциала у реле давления, как правило, происходит вращением регулировочного винта по часовой стрелке, уменьшение — против часовой стрелки (рис. 4.39). На реле контроля смазки предусматривается кнопка *Reset*, как правило, выполненная в виде клавиши сверху или на лицевой панели.

Термостаты настраивают таким же образом, как и реле давления. На лицевой шкале прибора есть шкала с полозком, показывающая уставку, и шкала с полозком, показывающая дифференциал. Настройка уставки производится при помощи штока, который для удобства оснащен барашком. В отличие от реле давления, которые перестраивают редко — один-два раза в год, поэтому настроечный шток уставки у них выполнен под отвертку, термостаты могут перенастраиваться чаще, поэтому на них выполняют барашек, вращая который по часовой стрелке увеличивают уставку температуры, против часовой — уменьшают (рис. 4.40). Дифференциал температуры меняют значительно реже, поэтому его выполняют под отвертку. Термостат, чтобы настройка случайно не сбилась, оснащают фиксирующей пластиной, закрепляемой винтом.

Настройка ТРВ осуществляется при помощи специального ключа, которым вращается настроечный шток у крупных ТРВ, или отвертки — для небольших терморегулирующих вентилей (рис. 4.41 *а, б*). Шток может располагаться снизу или сбоку.

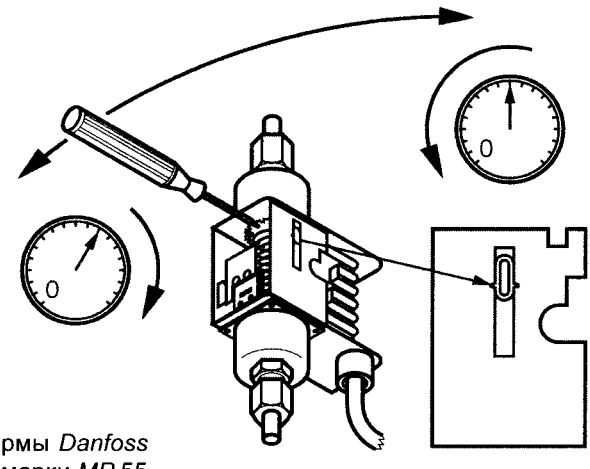



**Рис. 4.39.** Фрагмент инструкции фирмы *Danfoss* по настройке реле контроля смазки марки *MP* 55

Один оборот по часовой стрелке уменьшает температуру ТРВ на 0,5–1,5 К, против часовой стрелки — увеличивает на ту же величину. 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, то есть 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.

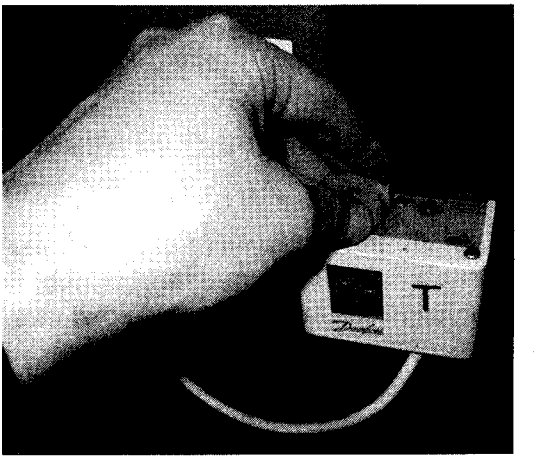


**Рис. 4.40.** Настройка термостата

Один из отечественных методов настройки ТРВ таков: ТРВ открывается на среднюю производительность (шток ввинчен наполовину) и в зависимости от полученной температуры (ниже или выше необходимой), нужная температура настраивается путем постепенного (по пол-оборота) вывинчивания или ввинчивания штока. Следует учесть, что настройка ТРВ — длительный и трудоемкий процесс, длящийся зачастую несколько дней.

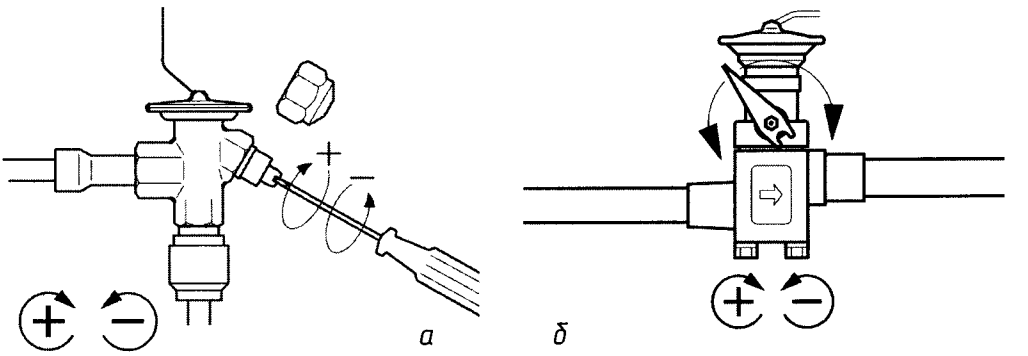



**Рис. 4.41.** Фрагмент инструкции фирмы *Danfoss* по настройке ТРВ:
*а* — небольшого; *б* — крупного

# Заключение

Всякая работа требует больше
времени, чем вы думаете.
*Следствие закона Мерфи*

В данной книге кратко изложена автоматизация холодильного оборудования и систем кондиционирования воздуха с точки зрения специалиста по холодоснабжению. Безусловно, о каждом приборе автоматизации и каждой функциональной схеме можно рассказать более подробно, привести массу дополнительных сведений и способов применения. Конструкции, устройство и способы установки конкретных агрегатов можно почерпнуть в каталогах фирм-производителей, здесь же приведены общие принципы работы и наиболее распространенные схемы.

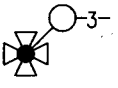
Сознательно сделан упор на практический материал, поскольку обилие теоретических знаний вместо полного и глубокого понимания предмета часто приводит к прямо противоположному эффекту. Если специалисту потребуются более глубокие знания теоретических основ автоматизации, ему необходимо изучить специализированную литературу, посвященную общим принципам работы систем автоматики общепромышленного назначения. В данном же издании собраны сведения, относящиеся исключительно к холодильной технике и кондиционированию.

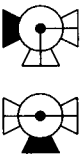
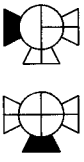
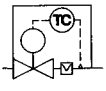
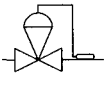
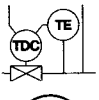
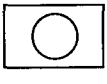
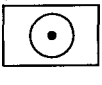
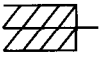
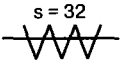
Автор надеется, что приведенная информация поможет специалистам по холодоснабжению и кондиционированию более полно представить себе цели, задачи и методы автоматизации.

# Приложения

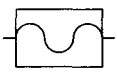
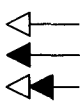
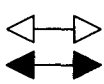
## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Обозначения на принципиальных схемах запорно-регулирующий арматуры и средств автоматизации, принятых в зарубежной и отечественной документации

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  |  | Шаровый запорный вентиль с пневматическим приводом (нормально открыт) |
|  |  | Шаровый запорный вентиль с пневматическим приводом (нормально закрыт) |
|  |  | Регулирующий вентиль с маховиком (нормально открыт) |
|  |  | Регулирующий вентиль с маховиком (нормально закрыт) |
|  |  | Дисковый затвор с пневматическим приводом (нормально закрыт) |
|  |  | Дисковый затвор с пневматическим приводом (нормально открыт) |
|  |  | Мембранный запорный вентиль (нормально открыт) |
|  |  | Мембранный запорный вентиль (нормально закрыт) |
|  |  | Запорный вентиль (нормально открыт) |
|  |  | Запорный вентиль (нормально закрыт) |
|  |  | Шаровый запорный вентиль (нормально открыт) |

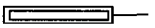
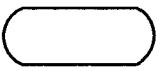
| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  |  | Шаровый запорный вентиль (нормально закрыт) |
|  |  | Угловой запорный вентиль с маховиком (нормально открыт) |
|  |  | Угловой запорный вентиль с маховиком (нормально закрыт) |
|  |  | Угловой регулирующий вентиль (нормально открыт) |
|  |  | Угловой регулирующий вентиль (нормально закрыт) |
|  |  | Трехходовой вентиль (нормально открыт) |
|  |  | Трехходовой вентиль (нормально закрыт) |
|  |  | Угловой запорный вентиль (нормально открыт) |
|  |  | Угловой запорный вентиль (нормально закрыт) |
|  |  | Клапан (вентиль) соленоидный (нормально открыт) |
|  |  | Клапан (вентиль) соленоидный (нормально закрыт) |
|  |  | Трехходовой шаровый вентиль |
|  |  | Трехходовой регулирующий вентиль |
|  |   | Четырехходовой шаровый вентиль с пневматическим приводом |
|  |  | Вентиль запорный шаровый угловой (нормально открыт) |

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  |  | Вентиль запорный шаровый угловой (нормально закрыт) |
|  |  | Трехходовой вентиль |
|  |  | Трехходовой шаровый вентиль |
|  |  | Трехходовой регулирующий вентиль |
|  |  | Диафраграма |
|  |  | Клапан обратный прямоточный (точкой обозначен вход) |
|  |  | Клапан обратный угловой (точкой обозначен вход) |
|  | – | Клапан редукционный (короткая сторона — вход) |
|  |  | Терморасширительные вентили: — с внешним выравниванием; |
|  |  | — без внешнего выравнивания |
|  |  | Смотровое стекло |
|  |  | Смотровое стекло с индикатором (протока, влажности) |
|  |  | Тепловая изоляция (S — толщина изоляции, мм) |

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  | – | Редуктор |
|  |  | Поплавковый регулятор уровня, давления |
|  |  | Фланцы |
|  |  | Фланцевое соединение |
|  | – | Сварной стык |
|  | – | Резьбовое соединение |
|  | – | Паяное соединение |
|  | – | Муфта |
|  |  | Вибровставка |
|  |  | Воронка |
|  |  | Фильтр-грязевик |
|  |  | Колено |
|  | – | Конденсационный горшок |
|  |  | Форсунка |
|  |  | Клапан предохранительный |

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  | – | Быстрозакрывающийся вентиль |
|  |  | Насос центробежный |
|  |  | Насос шестеренный |
|  |  | Насос винтовой |
|  |  | Общее обозначение насоса |
|  |  | Компрессор поршневой |
|  |  | Компрессор винтовой |
|  |  | Затвор дисковый |
|  |  | Направление потока:<br>– пара;<br>– жидкости<br>– парожидкостной смеси |
|  |  | Направление потока:<br>– пара;<br>– жидкости<br>– парожидкостной смеси |
|  |  | Реверсивный поток:<br>– пара;<br>– жидкости |
|  |  | Границы проектирования<br>(a – заказчик, b – исполнитель) |
|  |  | Уклон вправо |
|  |  | Уклон влево |

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  |  | Реле протока |
|  |  | Индикатор потока с контактами |
|  |  | Индикатор потока с расходомером |
|  |  | Реле уровня, регуляторы уровня |
|  |  | Датчик уровня |
|  |  | Реле давления, прессостат |
|  |  | Датчик давления с преобразователем сигнала, прессостат |
|  |  | Датчик давления |
|  |  | Дифференциальное реле давления |
|  |  | Термореле, термостат, температурный датчик с преобразованием сигнала |
|  |  | Датчик температуры |
|  |  | Указатель положения (регулятора производительности) |
|  |  | Датчик массы |
|  |  | Датчик влажности |
|  |  | Смотровое стекло (стекло Клингера) |

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
|  | – | Переключатель |
|  |  | Воздушный маслоохладитель (драйкулер) |
|  |  | Нагревательный элемент |
|  |  | Фильтр-осушитель |
|  |  | Сетчатый фильтр |
|  |  | Смотровое стекло |
|  |  | Электродвигатель |
|  |  | 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 |

| Обозначение по DIN | Обозначение по ГОСТ | Расшифровка обозначения |
|---|---|---|
| – | –3+11– | Смесь аммиака и воздуха |
| – | –14– | Масло |
| – | –18– | Фреон |
| – | –18ж– | Фреон жидкий |
| – | –18п– | Фреон парообразный |
| – | –18пж– | Фреоновая парожидкостная смесь |
| – | –18г– | Фреон линии нагнетания |
| – | –28– | Хладоноситель |
| 57 – | –28х– | Хладоноситель охлажденный |
| – | –28т– | Хладоноситель теплый |
| – | –29– | Реагент системы химводоподготовки |
|  | – | Импульсная трубка манометра |
| – |  | Отборное устройство |
|  | – | Вентиль для масла, быстроспускной |
|  |  | Переход концентрический |
|  |  | Переход эксцентрический |
| – |  | Заглушка эллиптическая приварная |
| – |  | Заглушка резьбовая |
|  |  | Клапан (вентиль) обратно-запорный |
|  |  | Моторный вентиль (дисковый затвор с приводом) |

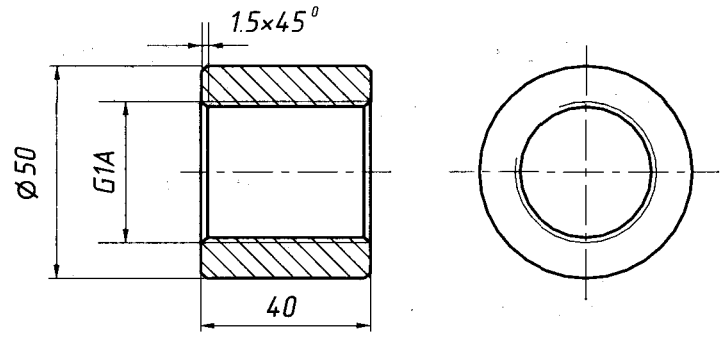
# ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Каталог адаптеров (бобышек) для запорной арматуры и приборов автоматизации

## Общие рекомендации

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, а прибор ввинчивают в адаптер. Так как холодильная установка работает при низких температурах, необходимо учитывать материал адаптера — сталь должна быть работоспособной 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 следует уделять выбору материала адаптера. При температурах сред, протекающих в трубе, выше –30 °С адаптеры изготавливают из той же стали, что и труба (стали 20). При температурах сред, протекающих в трубе, ниже –30 °С адаптеры также изготавливают из той же стали, что и труба (стали 09Г2С). Для труб, выполненных по стандарту DIN 2448, адаптеры при наличии стали St.35.8 или St.45.8 следует изготовить из этих марок стали. Для труб из нержавеющей стали 08-12Х18Н10Т требуются адаптеры из той же стали, что и труба.

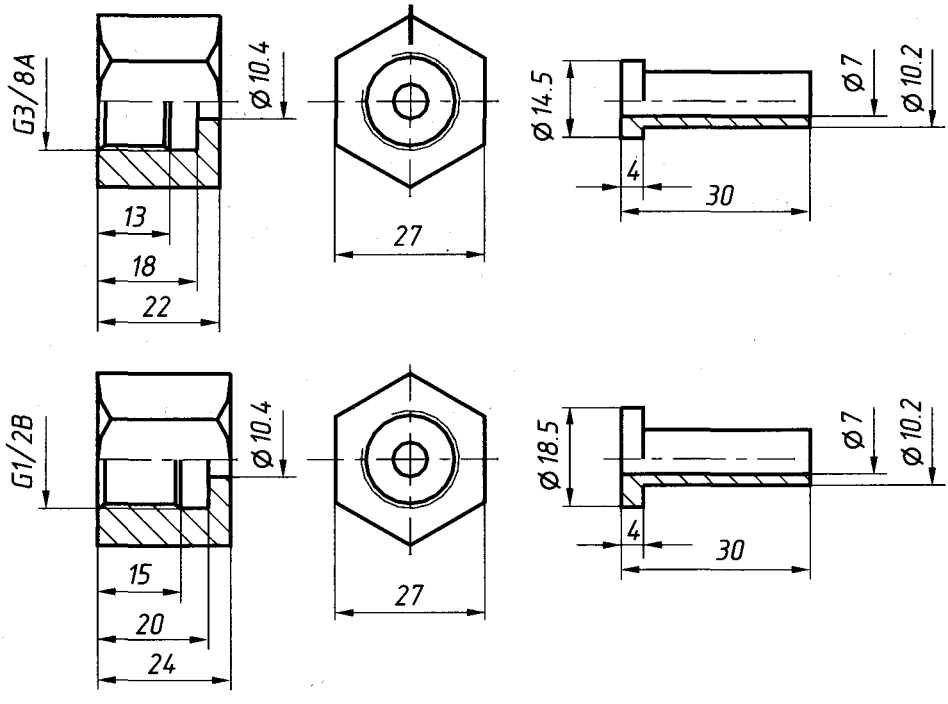
Резьбы адаптеров, предназначенных для аммиака и фреона, в случае нарезки резьбы резцом не должны изготавливаться с зазором. Желательно в качестве шаблона резьбы обеспечить токаря прибором автоматики (сопрягаемой деталью).

При возникновении вопросов по изготовлению адаптеров, материалам и резьбам, применяемых в приборах, а также за консультациями следует обращаться в фирмы-производители приборов автоматизациии и к их представителям.



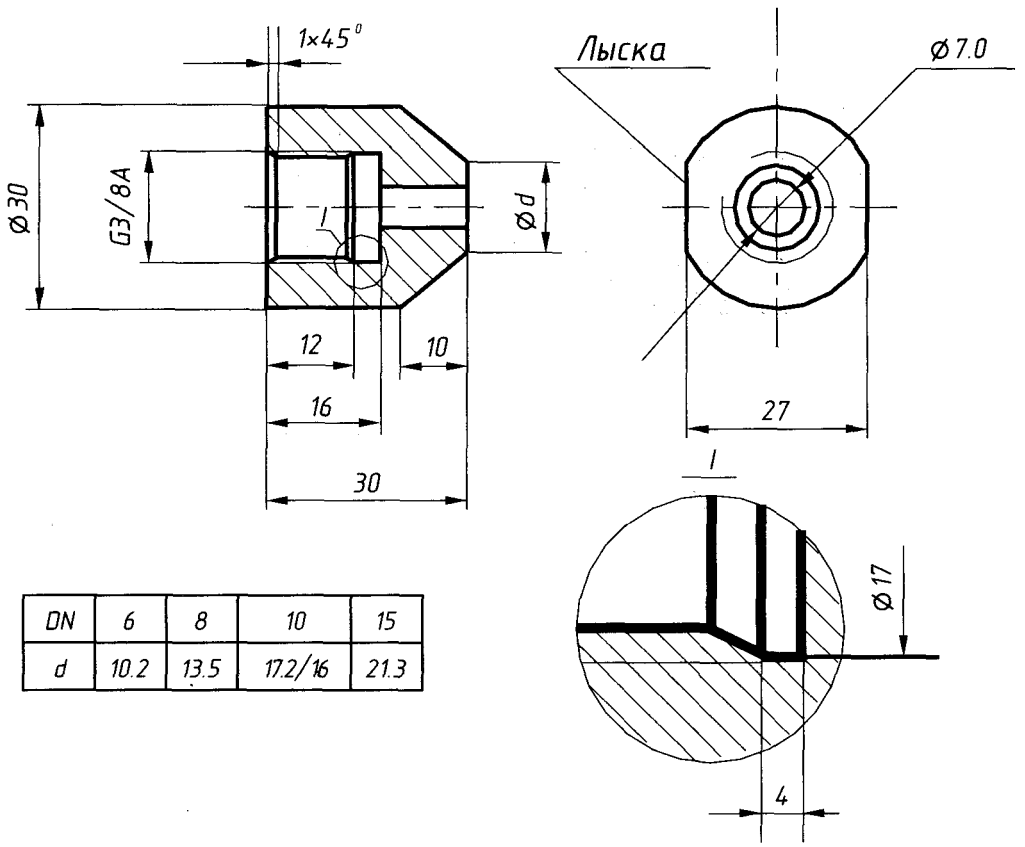

**A001.** Адаптер для датчика уровня марки AKS 41 фирмы Danfoss .

Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).




**A002.** Адаптеры универсальные на основе штуцерно-ниппельного соединения.

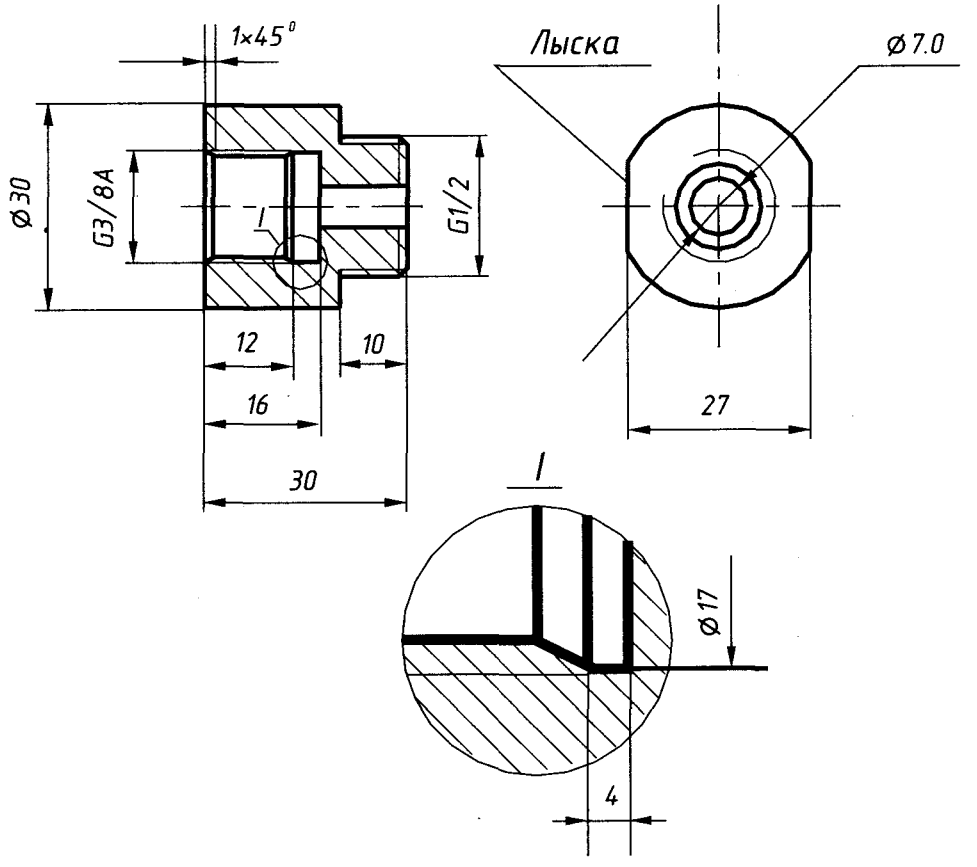
Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).




| DN | 6 | 8 | 10 | 15 |
|---|---|---|---|---|
| d | 10.2 | 13.5 | 17.2/16 | 21.3 |

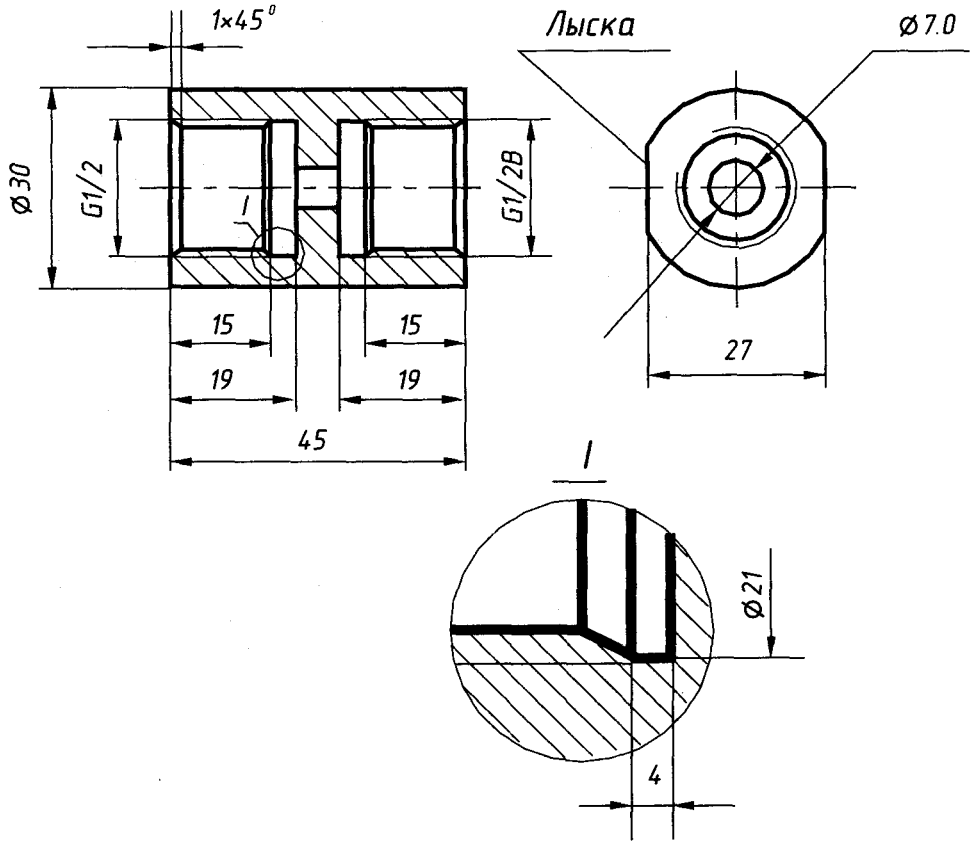
**А003.** Адаптер для датчика давления марки AKS 33 фирмы Danfoss (среда: аммиак, фреон).

Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).



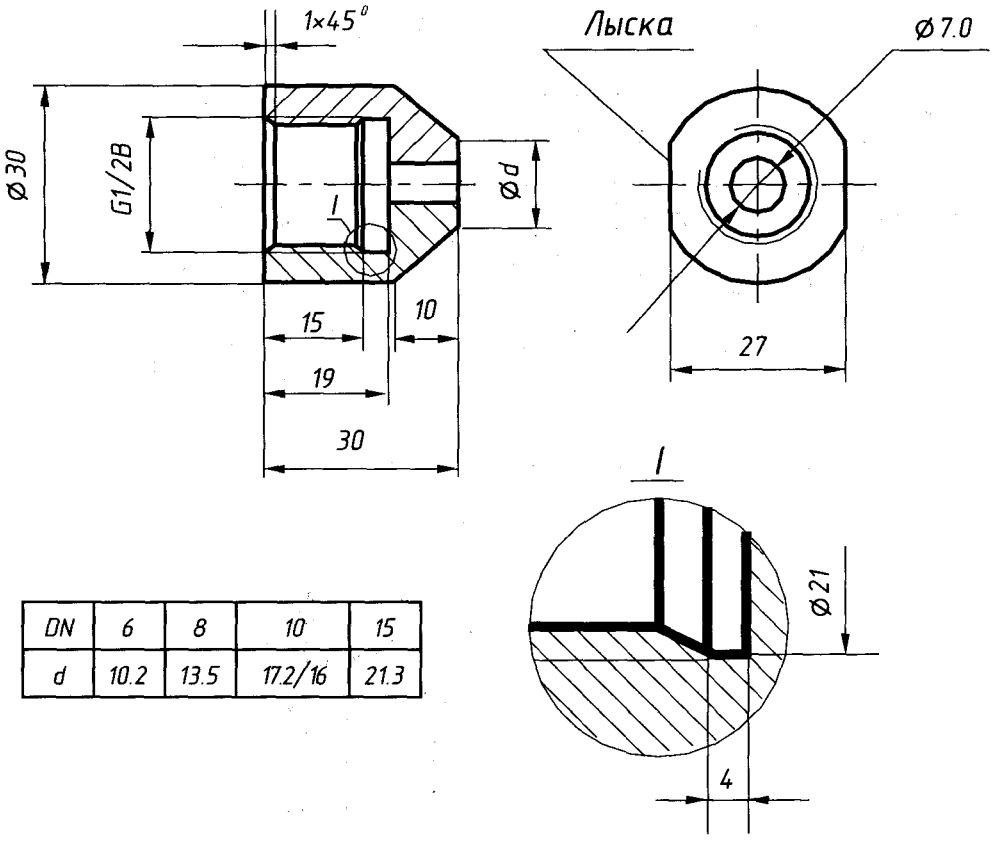

**А004.** Адаптер для датчика давления марки AKS 33 фирмы Danfoss (среда: вода, хладоносители).

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).

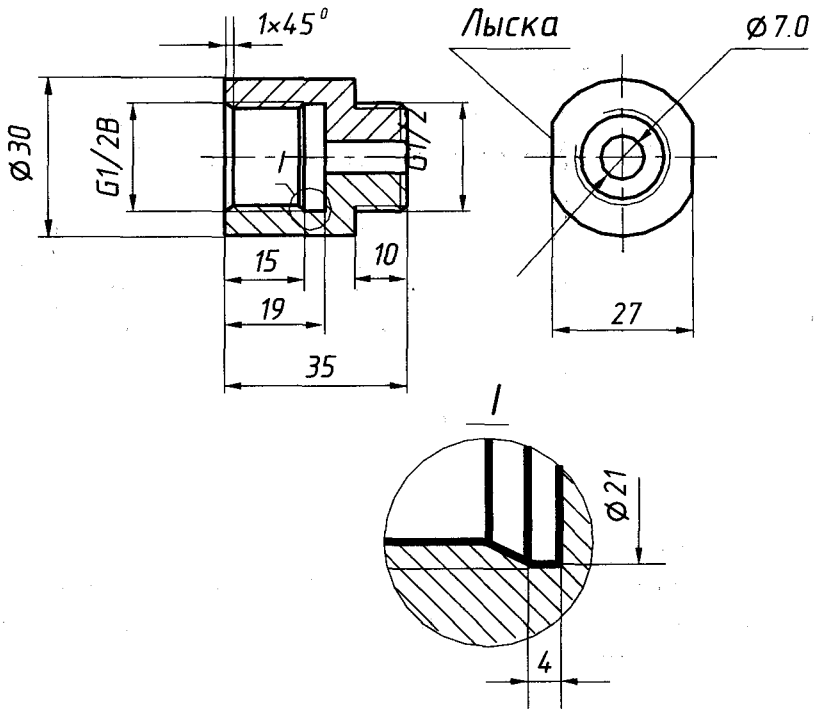



| DN | 6 | 8 | 10 | 15 |
|---|---|---|---|---|
| d | 10.2 | 13.5 | 17.2/16 | 21.3 |

**А006.** Адаптер для манометра марок 233.50, 733.02 фирмы Wika (среда: аммиак, фреон).

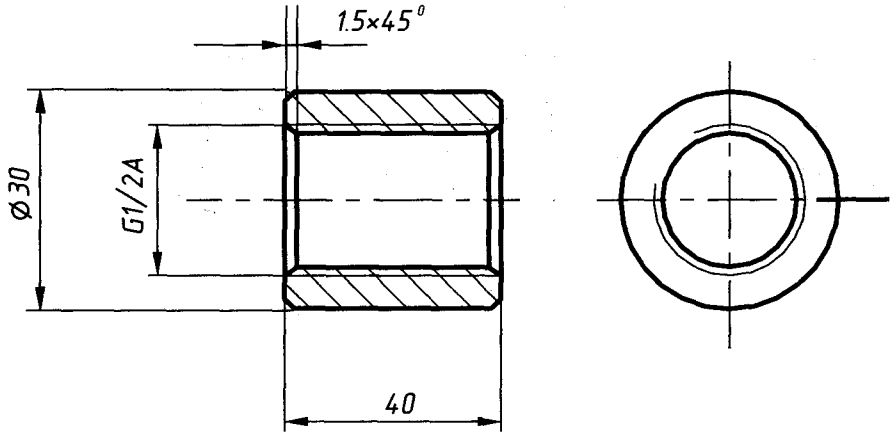
Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).

DN – условный проход стальной трубки, привариваемой к адаптеру.



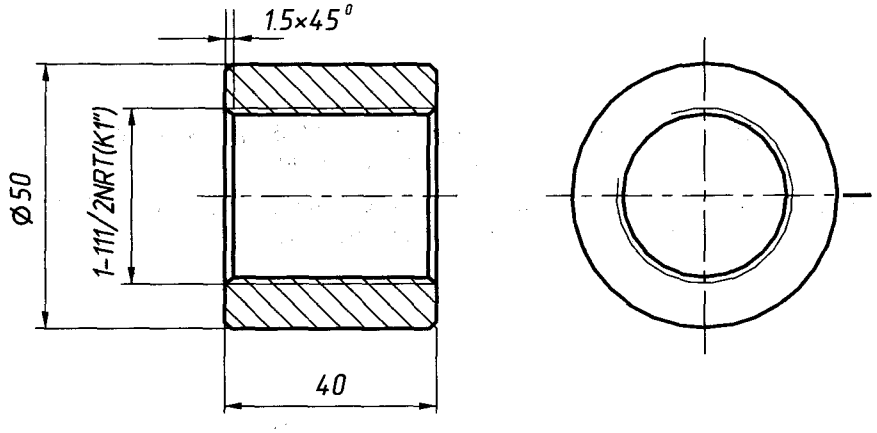

**А007.** Адаптер для манометра марки 233.50 фирмы Wika (среда: вода, хладоносители).

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 и воздуховыпускных вентилей (среда: вода, хладоносители).

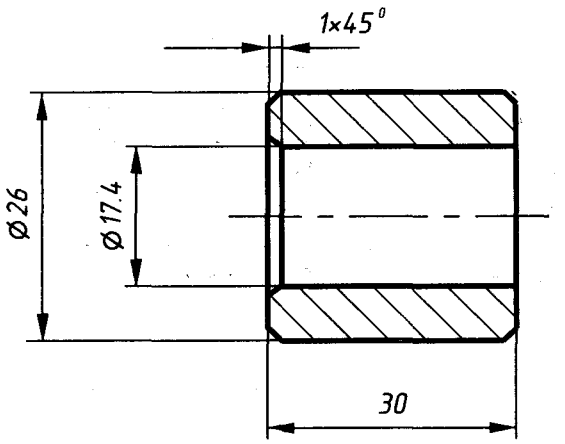
Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).




А009. Адаптер для реле протока марки F61 фирмы Johnson Controls (среда: вода, хладоносители).

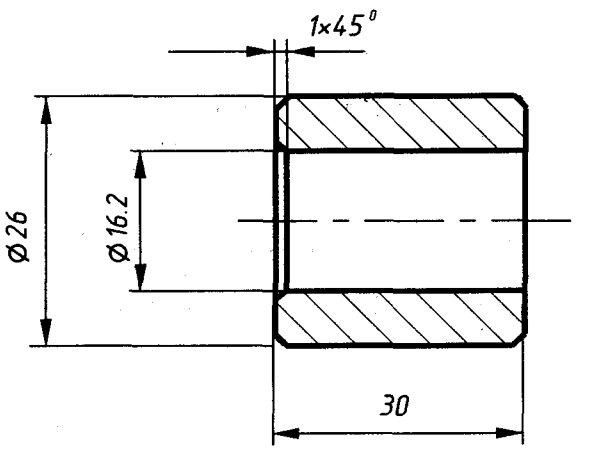
Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).

Обратить внимание! Резьба коническая.



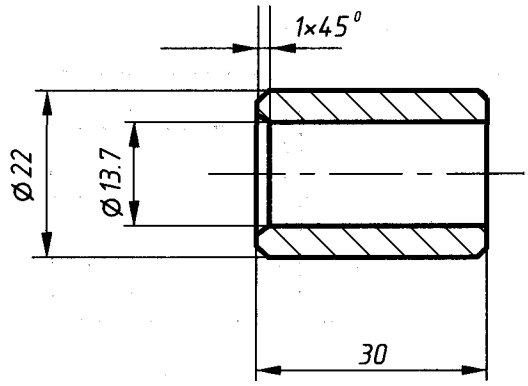

**А010.** Адаптер для стальной трубки Ду 10 мм (Ш 17,2 г 2,3).

Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).



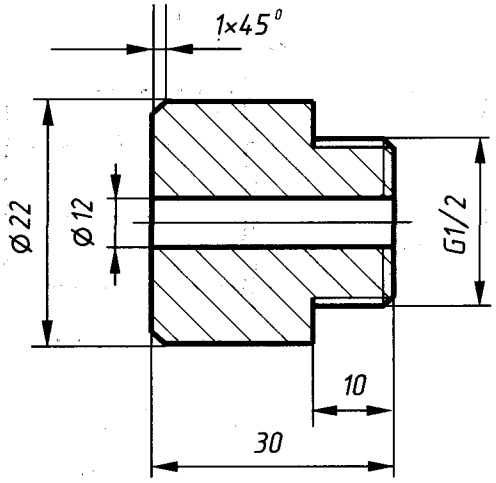

**А011.** Адаптер для стальной трубки Ду 10 мм (Ш 16 г 2).

Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).




**А012.** Адаптер для стальной трубки Ду 6 (Ш 13,5 г 1,8).

Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).




**А013.** Адаптер для шарового вентиля диаметром полдюйма (среда: вода, хладоносители).

Деталь изготавливают из стали 20 (для температур среды выше –30 °С) и 09Г2С (для температур среды ниже –30 °С).

# Приложение 3. Краткий англо-русский словарь холодильных терминов

| | |
|---|---|
| (NC) normal closed | нормально закрытый |
| Actuator | привод |
| Air | воздух |
| Aircooler | воздухоохладитель |
| Ammonia | аммиак |
| Angle regulating valve | угловой регулирующий вентиль |
| Angle stop valve | угловой запорный вентиль |
| Angle valve | угловой вентиль |
| Attention! | внимание! |
| Backpressure regulating valve | регулятор давления «после себя» |
| Ball stop valve | шаровый запорный вентиль |
| Ball valve | шаровый вентиль |
| Beam | балка |
| Bottom cover | крышка низа |
| Bushing | втулка, вкладыш |
| Buster | бустер |
| Butterfly valve | дисковый затвор |
| Bypass line | линия байпаса |
| Cable | кабель |
| Capacity regulator | регулятор производительности |
| Casing | картер |
| Cast iron | чугун |
| Caution! | осторожно! |
| Check valve | обратный клапан |
| Chiller | водоохлаждающая машина |
| Clip, connection terminal | клемма |
| Coil | катушка |
| Cold | холод |

| | |
|---|---|
| Cold store (room) | холодильная камера |
| Cold, cool | холодный |
| Column | колонна |
| Compensation line | уравнительная линия |
| Compressor | компрессор |
| Compressor unit | компрессорный агрегат |
| Condenser | конденсатор |
| Condensing pressure regulator | регулятор давления конденсации |
| Condensing pressure regulator (water valve) | водорегулирующий вентиль |
| Condensing temperature | температура конденсации |
| Connecting rod | шатун |
| Connection | присоединение, подключение |
| Contactor | контактор, замыкатель |
| Control panel | щит управления |
| Coolant, cold-transfer medium | хладоноситель |
| Coolant, cold-transfer medium line | линия хладоносителя |
| Cooling tower | градирня |
| Copper | медь |
| Coupling | муфта |
| Cover | крышка |
| Crank case pressure regulator | регулятор давления в картере |
| Crankshaft | коленвал |
| Cylinder face | зеркало цилиндра |
| Defect | брак |
| Defrost | оттаивание |
| Delivery border | граница поставки (проектирования) |
| Delivery time | время поставки |
| Diameter | диаметр |
| Diaphragm | диафрагма |
| Dimensions | размеры |
| Discharge line | нагнетательная линия |

| | |
|---|---|
| Discharge valve | нагнетательный клапан |
| Documentation | документация |
| Door | дверь |
| Down slope left | уклон влево |
| Down slope left | уклон вправо |
| Drawing | чертеж |
| Drop | понижаться |
| Drycooler | охладитель жидкости (драйкулер) |
| Earth terminal | заземление |
| Economizer | экономайзер |
| Electric motor | электродвигатель |
| Electrical appliance | электроприбор |
| Electrical defrosting | оттаивание электронагревателями |
| Electrical supply | подвод электропитания, электроподключение |
| Electronically operated expansion valve | электронный расширительный вентиль |
| Equalization hole | уравнительное отверстие |
| Equipment | оборудование |
| Error log | журнал ошибок |
| Ethylene/Propylene glycol | этилен/пропилен гликоль |
| Evaporating pressure regulator | регулятор давления кипения |
| Evaporative condenser | испарительный конденсатор |
| Evaporative temperature | температура кипения (испарения) |
| Evaporator | испаритель |
| Excess pressure regulating valve | регулятор давления «до себя» |
| Fan | вентилятор |
| Filter drier | фильтр-осушитель. |
| Fish | рыба |
| Flange connection | фланцевое соединение |
| Flanges | фланцы |
| Float valve | поплавковый регулятор |

| | |
|---|---|
| Floor | пол |
| Flow | проток |
| Flow direction | направление потока |
| Flow indicator | индикатор протока |
| Flow switch (transmitter) | реле протока |
| Foundation | фундамент |
| Frame | рама |
| Frost | иней |
| Fruit | фрукты |
| Funnel | воронка |
| Fuze | плавкая вставка, предохранитель |
| Gasket | сальник, уплотнение |
| Gear pump | шестеренный насос |
| General | главный |
| Hand regulating valve (with hand-wheel) | регулирующий вентиль с маховиком |
| Hand regulating valves | вентиль регулируемый вручную |
| Hand-wheel | маховик |
| Heat exchanger | теплообменник |
| High pressure | высокое давление |
| High pressure float | поплавок высокого давления |
| Hot gas defrosting | оттаивание горячими парами |
| Humidity, moisture | влажность |
| Hydraulic lock | гидрозатвор |
| Ice | лед |
| Impeller pump | центробежный насос |
| Inlet | вход |
| Insulated line | изолированный трубопровод |
| Insulation | изоляция |
| Kompensator | компенсатор, виброгаситель |
| Lamel | ребро (у теплообменных аппаратов) |
| LCD display | жидкокристаллический дисплей |

| | |
|---|---|
| Leakage | утечка |
| Leakage indicator | течеискатель |
| Length | длина |
| Level switch | реле уровня |
| Liquid line | жидкостная линия |
| Liquid separator (suction line accumulator) | отделитель жидкости |
| Location | расположение |
| Lock button | фиксирующий штифт |
| Locking ring | запирающее кольцо |
| Low pressure | низкое давление |
| Lubricant | смазка |
| Manual operating spindle | ручная настройка (ручка, винт, шпиндель) |
| Manufactured | произведено |
| Masse flow | массовый поток |
| Meat | мясо |
| Memory | память |
| Montage | монтаж |
| Net | сеть |
| Nozzle | форсунка, насадка |
| Nut | гайка |
| Oil cooler | маслоохладитель |
| Oil line | линия масла |
| Oil separator (oil reservoir) | отделитель масла |
| Orifice | диафрагма/дюза (вставка для ТРВ) |
| O-ring | кольцевое уплотнение |
| Outlet | выход |
| Overflow valves | перепускной клапан |
| Pilot valve | пилотный вентиль |
| Pilot valve connections | присоединение пилотного клапана |
| Pipe | труба |

| | |
|---|---|
| Plan (layout) | план |
| Plate heat exchanger | пластинчатый теплообменник |
| Plug | пробка |
| Plunger (piston) pump | поршневой насос |
| Pressure | давление |
| Pressure control | реле давления |
| Pressure difference control (switch) | дифференциальное реле давления |
| Pressure difference indicator (manometer) | дифференциальный манометр |
| Pressure equalization line | уравнительная линия |
| Pressure gauge connection | присоединение манометра |
| Pressure indicator (manometer) | манометр |
| Pressure regulating valve | регулятор давления |
| Pressure transmitter | датчик давления |
| Pressure waste | потери давления |
| Programming | программирование |
| Protection | защита |
| Pump | насос |
| Quick closing oil drain valve | быстроспускной вентиль для масла |
| Receiver | ресивер |
| Receiver pressure regulator | регулятор давления в ресивере |
| Reciprocation, piston compressor | поршневой компрессор |
| Refrigerant | холодильный агент |
| Refrigerating unit (machine) | холодильная установка (машина) |
| Refrigerating/cooling plant | холодильная установка |
| Refrigeration capacity | холодильная мощность |
| Regulating valve | регулирующий вентиль |
| Rise | повышаться |
| Safety valve | предохранительный клапан |
| Screw compressor | винтовой компрессор |
| Screw connection | болтовое соединение |

| | |
|---|---|
| Screw pump | винтовой насос |
| Sealing ring | уплотняющее кольцо |
| Servo piston | сервопоршень |
| Setting | выбор, настройка |
| Shell&tube evaporator | кожухотрубный испаритель |
| Shut-off/Diaphragm valve | мембранный вентиль |
| Sight glass | смотровое стекло |
| Single stage | одноступенчатая |
| Software | программное обеспечение |
| Solder connection | паяное соединение |
| Solenoid starter | магнитный пускатель |
| Solenoid valve | соленоидный вентиль (клапан) |
| Solution | раствор |
| Spring | пружина |
| Stainless steel | сталь нержавеющая |
| Steel | сталь |
| Stop valve | запорный вентиль |
| Stop-check valve | обратно-запорный вентиль |
| Strainer | фильтр-грязевик (для воды и хладоносителей) |
| Suction line | всасывающая линия |
| Suction valve | всасывающий клапан |
| Support | стойка |
| Switch | переключатель |
| Switch (main) box | щит |
| Teflon valve plate | тефлоновая пластина |
| Temperature | температура |
| Temperature sensor | датчик температуры |
| Thermostatic expansion valve (external equalization) | терморегулирующий вентиль (внешнее выравнивание) |
| Thermostats | термостат |
| Three-way valve | трехходовой вентиль |

| | |
|---|---|
| Throttling cone | дросселирующий (обжимающий) конус |
| Time relay | реле времени |
| Tolerance | допустимое отклонение |
| Top | верх |
| Total power consumption | потребляемая мощность |
| Turbo compressor | турбокомпрессор |
| Two-stage | двухступенчатая |
| Vacuum pump | вакуумный насос |
| Valve | вентиль, клапан |
| Valve body | корпус вентиля |
| Valve body | корпус вентиля |
| Valve spindle | шток вентиля |
| Vegetables | овощи |
| Volume | объем |
| Volume flow | объемный поток |
| Water line | линия воды |
| Weight | вес |
| Weld connection | сварное соединение |
| Welder | сварщик |

# Список литературы


1 Аршанский Я. Н., Яновский С. И. Монтаж и эксплуатация приборов автоматики холодильных установок. — М.: Пищевая промышленность. — 1972. 167 с.

2 Галл Б. И., Коноплев В. И. Холодильная техника. Справочник американского общества инженеров-холодильщиков. Т. 1, 2. — М.-Л..: Пищепромиздат. — 1936. 404 с.

3 ГОСТ 21.404-85 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. — М.: Издательство стандартов, 1985. 17 с.

4 Зеликовский И. Х., Каплан Л. Г. Малые холодильные машины и установки. Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат. — 1989. 672 с.

5 Кантарович В. И. Основы автоматизации холодильных установок. — М.: Пищевая промышленность, 1976. 275 с.

6 Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. — Л.: Машиностроение, 1980. 622 с.

7 Курылев Е. С., Яновский С. И. Проектирование систем автоматизации холодильных установок. Учебное пособие. — Л.: ЛТИХП, 1983. 91 с.

8 Лэнгли Б. К. Холодильная техника и кондиционирование воздуха. — М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981. 480 с.

9 Мааке В., Эккерт Г.-Ю., Кашпен Ж.-Л. Польманн. Учебник по холодильной технике. — М.: Издательство Московского университета, 1998. 1142 с.

10 Методические указания по курсу «Автоматизация холодильных машин и установок». Раздел «Регулирование основных параметров в холодильных установках». — Л.: ЛТИХП, 1983. — 85 схем.

11 Методические указания по курсу «Автоматизация холодильных машин и установок». Раздел «Автоматическая защита и автоматическое управление в холодильных установках». — Л.: ЛТИХП, 1983. — 30 схем.

12 Полевой А. А. Монтаж холодильных установок и машин. — СПб.: Профессия, 2007. 264 с.

13 Правила устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок. — М.: ВНИИХИ, 1999. 81 с.

14 Рой Дж. Доссат. Основы холодильной техники. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 520 с.

15 СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция, кондиционирование.

16 Рекомендации фирм: *Allen Bradley, Alco, Danfoss, Henri, Ranco, Johnson Control, Kriwan, Hermetic pump GmBH, Witt, Wika*, ОВЕН и др.

17 Ужанский В. С. Автоматизация холодильных машин и установок. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 304 с.

18 Ужанский В. С. Автоматизация холодильных установок распределительных и производственных холодильников. — М.: Пищевая промышленность, 1966. 272 с.

19 Якобсон В. Б. Автоматизация холодильных установок. — М.: Госторгиздат, 1962. 408 с.

20 Andersen S. A. Automatic Refrigeration. Nordborg DK: MacLaren&Sons Ltd., 1959.

21 Fon Cube H. L., Steimle F., Lotz H., Kunis J. (Hrsg.) Lehrbuch der Kältetechnik. Band 1,2. — Heidelberg: Müller, 1997, 782 und 1515.

22 Dossat Roy J. Principles of refrigeration. — N.Y. J.Wiley & S, 1981, 355.

23 Jundnickel H., Agsten R. & W. E. Kraus: Grundlagen der Kältetechnik, Verlag Technik GmbH, Berlin, 3. Auflage 1990.

24 Langly Billy C. Refrigeration and Air Conditioning. — Reston: RPC, 1978, 398.

25 Plank R. Handbuch der Kältetechnik. - Berlin, Göttingen, Heidelberg.: Springer -Verlag, Bd. 4, 1959, 490 s.

26 Polak V. Automatika chladicich zařizeni, Praha, 1959.

27 Maake-Eckert. Pholmann. Taschebuch der Kältetechnik, Band 2: Arbeitstabellen und Vorschriften. — Karlsruhe: Müller, 1988, 418.

# Содержание

**Введение** 3

**Глава 1. Краткие основы автоматизации холодильных установок и приборы автоматизации** 5

1.1. Основные задачи автоматизации холодильных установок 5

1.2. Приборы и средства автоматизации: условные обозначения на принципиальных схемах 15

1.2.1. Индикация, контроль, регулирование давления 21

1.2.2. Индикация, контроль, регулирование температуры 41

1.2.3. Индикация, контроль, регулирование уровня 55

1.2.4. Отсекающие устройства 64

1.2.5. Вспомогательные устройства 71

1.2.6. Датчики влажности 77

1.2.7. Контроллеры 77

**Глава 2. Основные параметры холодильных установок и способы их регулирования** 86

2.1. Основные параметры регулирования работы холодильных установок 88

2.2. Регулирование перегрева пара, выходящего из испарителя 92

2.3. Регуляторы уровня жидкого холодильного агента в испарителях 100

2.4. Вентили постоянного давления (автоматические дроссели по давлению — АДД) 105

2.5. Регулирование температуры охлаждаемого объекта 106

2.5.1. Регулирование температуры объекта в одноиспарительных системах 106

2.5.2. Регулирование температуры объекта в многоиспарительных системах 115

2.6. Сравнение различных способов регулирования температуры охлаждаемых объектов 118
2.7. Работа одним компрессором на несколько температур кипения 119
2.8. Регулирование температуры объектов, охлаждаемых хладоносителем 120
2.9. Регулирование температуры конденсации 122
2.10. Регулирование относительной влажности воздуха в кондиционерах 126
**Глава 3. Автоматизация агрегатов и аппаратов** 129
3.1. Защита машин и аппаратов холодильных установок от гидравлических ударов 130
3.2. Защита компрессоров 134
3.3. Защита испарителя от замерзания хладоносителя 143
3.4. Защита линейного ресивера 145
3.5. Защита холодильной установки от недопустимой концентрации аммиака в воздухе помещений 146
3.6. Автоматическая сигнализация 149
3.7. Автоматическое управление 150
3.7.1. Пуск и остановка одноступенчатого поршневого компрессора 150
3.7.2. Пуск и остановка двухступенчатого поршневого компрессора 153
3.8. Управление насосами 153
3.9. Управление винтовым компрессором и изменение его холодопроизводительности 155
3.10. Оттаивание испарителей 163
3.11. Системы возврата, отделения и охлаждения масла 171
3.12. Системы отделения воздуха 175
**Глава 4. Монтаж и пусконаладочные работы** 177
4.1. Монтаж арматуры и КИПиА 178
4.2. Силовое электрооборудование 200

4.3. Пусконаладочные работы 207
4.4. Настройка приборов автоматизации 208
**Заключение** 212
**Приложение 1. Обозначения на принципиальных схемах запорно-регулирующий арматуры и средств автоматизации, принятые в зарубежной и отечественной документации** 213
**Приложение 2. Каталог адаптеров (бобышек) для запорной арматуры и приборов автоматизации** 221
**Приложение 3. Краткий англо-русский словарь холодильных терминов** 231
Список литературы 239

## Сведения об авторе

**Полевой Алексей Александрович**

Родился в 1976 году в Санкт-Петербурге. Окончил Ленинградский технологический институт холодильной промышленности в 1998 году. Защитил кандидатскую диссертацию на тему «Повышение эффективности бесканальных систем охлаждения объектов». Автор нескольких десятков статей и публикаций, в том числе книги «Монтаж холодильных машин и установок». С 2004 года член-корреспондент Международной академии холода, с 2007 года академик МАХ, член холодильного подкомитета при Торгово-промышленной палате Российской Федерации.

Работал монтажником, снабженцем, проектировщиком, главным инженером проекта. С 2004 года генеральный директор ООО «Технологии низких температур».

Автор создал системы холодоснабжения для ряда крупнейших пивоваренных заводов Российской федерации, включая станции регенерации углекислоты (в том числе по заводам «Балтика»). Реконструировал или установил новые системы холодоснабжения на более чем 30 ледовых дворцах спорта в странах СНГ (в том числе ЦСКА, Москва). Осуществил замораживание грунта для десятков шахт метрополитена, алмазодобывающих шахт (Якутия) и плотины (Чукотка). Занимался проектированием и монтажом холодильных установок, осуществлял их поставки по хладокомбинатам и холодильникам, охлаждаемым складам, молокозаводам, фабрикам мороженого, птицефабрикам, рыбокомбинатам, супермаркетам и хлебозаводам на всей территории России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Автор просит все отзывы и замечания направлять по адресу: info@polevoy.ru.

**ООО «Технологии низких температур»**

**Разработка проектной документации**
*(в том числе по аммиачным холодильным установкам)*
**Поставка холодильного оборудования**:
*- модульные машинные отделения;*
*- собственная линейка винтовых компрессорных агрегатов;*
*- собственная линейка ресиверов от 0,5 до 25 м³;*
*- испарительные конденсаторы;*
*- скороморозильные аппараты;*
*- любое оборудование по промышленному и коммерческому холоду.*
**Монтаж Пуско-наладочные работы**

***Холодильники. Пивоваренные заводы. Ледовые дворцы Замораживание грунта. Хладокомбинаты. Птицефабрики. Мясокомбинаты. Рыбокомбинаты. Химические заводы.***

195027, Санкт-Петербург, ул. Магнитогорская, 51,
тел.: (812) 994-92-50, 915-10-17,
факс: (812) 329-53-52, E-mail: info@tht-spb.ru, www.tht-spb.ru